

Mariana Lopez Teixeira

**ACREDITAR OU NÃO ACREDITAR? CORRELATOS
PSICOFISIOLÓGICOS DO BIOFEEDBACK
CARDIORRESPIRATÓRIO ASSOCIADO À MANIPULAÇÃO
PLACEBO**

Tese de doutorado submetida ao Programa de Pós- Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Psicologia. Orientador: Prof. Dr. Emílio Takase.

FLORIANÓPOLIS
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Teixeira, Mariana Lopez

Acreditar ou não acreditar? : Correlatos
psicofisiológicos do biofeedback cardiorrespiratório
associado à manipulação placebo / Mariana Lopez Teixeira ;
orientador, Emílio Takase - Florianópolis, SC, 2015.
291 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Programa
de Pós-Graduação em Psicologia.

Inclui referências

1. Psicologia. 2. biofeedback cardiorrespiratório. 3.
placebo. 4. variabilidade da frequência cardíaca. 5.
potenciais relacionados a eventos. I. Takase, Emílio. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Psicologia. III. Título.

Dr. Alexandre Trofino
(DAS/CTC – UFSC – Supente)

Dr. Adilson Monte
(DEF – UFSC – Suplente)

Dedico este trabalho a todos que fizeram parte dele, aos participantes da pesquisa, aos professores, família e amigos envolvidos e aqueles que ainda irão ler.

AGRADECIMENTOS

Quando comecei a escrever este item da tese logo pensei em como conseguir expressar meu agradecimento a tantas pessoas e em pequenas palavras. Com certeza finalizei esta tese com o apoio de muitas pessoas especiais, que em diferentes momentos puderam me dar suporte de forma indireta e direta. Este trabalho é também fruto de um conjunto de influências das pessoas que passaram na minha vida. Estas pessoas envolvem os professores, amigos, familiares, colegas de laboratório, secretárias do programa de Pós. Todos estes de alguma forma contribuíram nesta tese, seja com palavras, carinho, orientações e ajuda. Esta tese reflete em um trabalho que pude ter a honra de aprender com diferentes pessoas.

Sou grata ao meu orientador Professor Emílio Takase pela confiança que teve em mim por duas vezes (no mestrado e agora no doutorado)! Obrigada pelas discussões, apoio e por tudo que pude aprender durante todo este processo acadêmico.

Agradeço o Professor Joydeep Bhattacharya, da Universidade de Goldsmiths de Londres, que me recebeu para o doutorado sanduiche em Londres, e que pude aprender muito sobre desenho experimental, EEG e Neurociência Cognitiva. Obrigada por todo conhecimento, por me incentivar a cada passo e conquista, e claro, por ter paciência quando eu não entendia nada. Agradeço também ao Professor Ernesto Pereda, que estava juntamente com o Professor Joydeep Bhattacharya quando cheguei em Londres, e que viu meu desespero inicial e que com certeza também auxiliou na minha adaptação. Aproveito também para agradecer a grande amiga e doutora Caroline Di Bernardi Luft que também me recebeu em Londres e que por sinal foi uma grande incentivadora para ir fazer o doutorado sanduiche. Obrigada pela amizade, carinho e por me ensinar tanto sempre. Fico realmente grata pela tua paciência em me ensinar muito sobre EEG, Matlab e em contribuir nesta tese. E extendo meu agradecimento a cada um da banca.

Fico grata ao Professor Jefferson L. B. Marques (UFSC/ Engenharia Elétrica CTC e IEB) que desde a minha qualificação do projeto do doutorado me acompanha neste trabalho, e que abriu as portas para que eu pudesse aprender mais sobre análise de sinais. Não posso deixar de mencionar aqui sua participação neste trabalho, enviando do Brasil para Londres o equipamento e software de aquisição da coerência cardíaca para realizar o experimento com biofeedback.

Com certeza foi fundamental. Obrigada pela parceria e por toda paciência e trabalho.

Obrigada ao Professor Eduardo José Legal (UNIVALI/Itajaí, Programa de Psicologia), que desde a minha graduação em Psicologia na Univali acompanha meu aprendizado e que sempre aprendo mais com suas colocações. Grata por mais uma vez em vir a Florianópolis na minha defesa (a outra foi do mestrado).

Fico grata ao Professor Erick Francisco Quintas Conde, do Departamento de Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco (Centro de Filosofia e Ciências Humanas) por ter se deslocado até Florianópolis e se disponibilizado a participar e contribuir nesta banca de defesa.

Agradeço imensamente ao Professor Alexandre Trofino (UFSC/ Departamento de automação e sistemas CTC), pela atenção e receptividade em aceitar participar da banca de defesa. Obrigada ao Professor Roberto Moraes Cruz que desde o mestrado tenho o prazer de aprender com suas aulas. E agradeço ao meu colega, Professor Adilson Monte (UFSC/ Departamento de Ed. Física) que durante todo o doutorado pude conviver, partilhar experiências e discutir muito sobre VFC.

Agradeço também aos amigos que fizeram parte do laboratório LANESPE/LEC e que também fizeram parte deste trabalho: Lucas Sombrio, Karen Cristine Teixeira, Hiago Melo, André Thieme, Luciano Caminha, Pedro Sbissa, Joana Bastos. E obrigada a Paola Barros Delben e Fernanda Amaral, pela ajuda, amizade e apoio sempre. Obrigada aos membros do Programa de Pós Graduação em Psicologia, professores e secretárias. Grata a todos os colegas do laboratório da Universidade de Goldsmiths, em especial a Rihannon, Job, Dan e Miguel.

Além dos amigos que conheci por meio do doutorado agradeço aos amigos que tenho durante minha vida. A minha querida amiga, que compreendeu todas as vezes que sumi do mapa, Carolina Cezari de Aquino. Aos amigos Fernanda Valero e Eduardo Canha, que são inexplicáveis parceiros da vida! A querida Luma Jochims, Najla Severino e Maurício Alves, Guga e Cláudia, obrigada. A Carina Borsardi e Tais Zavareze, que entramos juntas no mestrado e depois também no doutorado, sempre parceiras acadêmicas e de vida.

E claro, um agradecimento mais que especial a toda minha família. Grata a minha mãe Dulcemar Lopez, ao meu pai Heriberto Lopez que me deram todo suporte emocional, apoio, força e incentivo para seguir o caminho acadêmico e realizar esta tese. Grata por compreenderem sempre que eu não pude estar presente. Obrigada a

minha irmã Karina Lopez Piscia e sua família, e a família de meu marido Luciano, especialmente a Ivonete por todo apoio.

Por fim e com muito carinho e admiração, agradeço imensamente ao meu marido e amigo Luciano Bertol Teixeira. Esta tese não seria igual sem meu grande parceiro, que me deu apoio em cada momento da minha vida e em cada etapa do doutorado. Esteve presente em todos os desafios e conquistas. Foi comigo para Londres e trabalhou juntamente comigo em toda a coleta de dados que realizei com o EEG para que eu pudesse fazer todos os experimentos em tempo. Foram 54 pessoas examinadas com o EEG durante 2 meses, e os procedimentos da coleta de dados duraram cerca de 3 horas cada. Obrigada por dispor mais de 162 horas somente em coleta de dados (pois me ajudou em muito mais aspectos). E ainda muito obrigada por me aguentar ficar só no computador e ouvir eu só falar da tese (até mesmo enquanto eu dormia). Sei que se eu ficar sem voz você também pode falar desta tese.

Fico grata a todas as pessoas que se disporem a participar dos experimentos desta tese e a CAPES pela bolsa concedida no Brasil e no doutorado sanduiche em Londres.

There is nothing either good or bad but thinking makes it so.
William Shakespeare

RESUMO

Acreditar ou não acreditar?

Correlatos psicofisiológicos do biofeedback cardiorrespiratório associado à manipulação placebo

O biofeedback cardiorrespiratório é uma técnica que propõe influir na modulação autônoma por meio da aprendizagem do feedback e da respiração lenta. Esta tese objetivou investigar características psicofisiológicas da técnica do biofeedback cardiorrespiratório associado à manipulação de características placebo. Para investigar o biofeedback cardiorrespiratório com a manipulação placebo, esta tese envolveu 2 estudos que utilizaram a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a coerência cardíaca como marcadores indiretos do sistema nervoso autônomo. Nos dois estudos o objetivo durante o treino de biofeedback cardiorrespiratório foi de aumentar a coerência cardíaca por meio da visualização do feedback e por meio do treino da respiração abdominal suave. O estudo 1 verificou o efeito do biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo na VFC e na coerência cardíaca para todos os sujeitos e para classificação de performance na coerência cardíaca (bons aprendizes e fracos aprendizes de coerência cardíaca). Foram incluídos 26 participantes que realizaram 2 sessões: uma sessão de biofeedback com feedback real e outra sessão com feedback placebo. Os resultados sugerem que ambas as sessões possibilitaram aumento da atividade do nervo vago mas a sessão com feedback real mostrou mais índices da VFC com aumento significativo. Quanto a classificação da performance na coerência cardíaca, os bons aprendizes mostraram maior aumento de índices da atividade parassimpática durante a sessão. O estudo 2 propôs investigar os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação de instruções positivas e instruções neutras na coerência cardíaca e índices da VFC antes e durante a sessão, e no ERPs (potenciais relacionados a eventos) pós sessão durante tarefa cognitiva com detecção de erro e detecção de conflito. Foram investigados 52 participantes, divididos em dois grupos: grupo que recebeu manipulação de instruções positivas e grupo que recebeu instruções neutras. Os resultados sugerem influência da manipulação de instruções para a coerência cardíaca e VFC, mas o efeito da manipulação diminuiu depois que os participantes se engajaram na tarefa de biofeedback. Para os ERPs, o grupo com instruções positivas induzidas mostrou menor amplitude de ERN (negatividade relacionada ao erro) na tarefa Go/NoGo e maior amplitude do ERP (potencial relacionado ao evento)

positivo de 700-800ms na tarefa Emotional Stroop. O ERN foi relacionado com a detecção de erro na tarefa de Go No/Go e o ERP positivo de 700ms – 800ms foi relacionado com o componente SP (*slow potential conflict*) para tarefa de stroop e se relacionou com o monitoramento e implementação de atenção em tarefa de conflito emocional. Não foi observada diferença entre grupos para a performance cognitiva. Isso sugere que os ERPs que mostraram diferenças entre grupos foram influenciados pelo estado emocional, independente da performance cognitiva na tarefa. Os dois estudos sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório utilizado nesta tese foi eficiente para influir no aumento da atividade do nervo vago do sistema nervoso autônomo em uma única sessão. O efeito do aumento da modulação vagal com o biofeedback também ocorreu para a manipulação placebo de feedback (estudo1) e para os dois grupos de manipulação de instruções (estudo2), mas sugere-se a melhor eficácia da técnica de biofeedback cardiorrespiratório com o feedback real. É possível também sugerir que o biofeedback cardiorrespiratório com manipulação de instruções influenciou no processamento de erro e de conflito no cérebro, mas não na performance cognitiva. Esta tese mostrou que acreditar no tipo do feedback e no tipo de instrução do biofeedback cardiorrespiratório influencia em estados psicofisiológicos e emocionais do indivíduo.

Palavras-chave: biofeedback cardiorrespiratório, placebo, feedback, manipulação de instruções, variabilidade da frequência cardíaca, ERPs.

ABSTRACT

Believe or not believe?

Psychophysiological correlates of cardiorespiratory biofeedback associated with placebo manipulation

The cardiorespiratory biofeedback is a technique that proposes to influence the autonomic modulation by the feedback learning and the slow breathing. This thesis aimed to understand the psychophysiological characteristics of the cardiorespiratory biofeedback technique associated with placebo characteristics manipulation. To investigate the cardiorespiratory biofeedback with the placebo manipulation, this thesis involved 2 studies using the heart rate variability (HRV) and the cardiac coherence as indirect markers of the autonomic nervous system. In both studies the objective during the cardiorespiratory biofeedback training was to increase the cardiac coherence by the feedback visualization and with a slow abdominal breathing training. The study 1 assessed the cardiorespiratory biofeedback effects associated with real feedback and placebo feedback on the HRV index and cardiac coherence for all subjects and for the cardiac coherence performance classification (good learners and poor learners of cardiac coherence). We included 26 subjects that participated in two sessions: the biofeedback session with real feedback and the biofeedback session with placebo feedback. The results suggest that both sessions showed increased on the vagus nerve but the session with real feedback induced more effects. In addition, the good learners of cardiac coherence showed higher increase of HRV parasympathetic activity during the session. The study 2 proposed investigate the cardiorespiratory biofeedback effects associated with positive misattribution instructions and neutral instructions on the HRV index and cardiac coherence before and during the session, and on the ERPs (event-related potentials) post session, for an error detection task and a conflict detection task. We investigated 52 subjects, divided into two groups: positive misattribution instructions group and neutral instructions group. The results suggest effects of misattribution instructions on cardiac coherence and HRV index, but the effect of misattribution instructions decreased after participants engaged in the biofeedback task. For the ERPs, the positive misattribution group showed lower amplitude of the ERN during Go No/Go task and higher amplitude of the positive ERP around 700-800ms during Emotional Stroop task. The ERN was related to error detection for Go No/Go task and the positive ERP around 700ms - 800ms was related to the component (slow potential conflict) of Stroop task and may related to

the monitoring and implementation of attention for emotional conflict task. There were no differences between groups for cognitive performance. The difference between groups on the ERPs suggests that these components can be influenced by emotional state, even without the cognitive performance differences. The two studies may suggest that the single session of the cardiorespiratory biofeedback used in this thesis, was efficient to influence the increase on the vagus nerve activity of the autonomic nervous system. The biofeedback effect on the vagal modulation increased also occurred for the placebo feedback manipulation (study1) and for the two groups of the misattribution instructions (study2), but it may be suggested more effects of the cardiorespiratory biofeedback technique with the real feedback. We can also suggest that the cardiorespiratory biofeedback with the misattribution instructions influenced the error and the conflict processing, but not the cognitive performance. This thesis showed that believe in the kind of the feedback and in the type of the cardiorespiratory biofeedback instructions can be variables to influence on the psychophysiological and emotional states.

Keywords: cardiorespiratory biofeedback, placebo, feedback, misattribution instructions, heart rate variability, ERPs.

LISTA GERAL DE SIGLAS

PMI group- grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas (*positive misattribution instructions group*).

NI group- grupo com instruções neutras (*neutral group*).

SNA- Sistema nervoso autônomo.

SNC- Sistema nervoso central.

VFC- Variabilidade da Frequência Cardíaca.

HRV- *Heart rate variability*.

HR- Frequência Cardíaca (*heart rate*).

R-R – Intervalo de tempo expresso em milissegundos entre as ondas R da atividade elétrica do coração.

ms- Milissegundo.

VLF – frequência muito baixa da VFC (*very low frequency*). Índice ainda em discussão cientificamente e parece estar relacionado indiretamente ao sistema renina-angiotensina-aldosterona, termorregulação e ao tônus vasomotor periférico.

LF – baixa frequência da VFC (*Low Frequency*), com variação entre .04 e .15Hz. Representa indiretamente a ação conjunta dos componentes vagal e simpático sobre o coração;

HF- alta frequência da VFC (*High Frequency*) com variação de .15 a .4Hz, e é um indicador indireto do ramo parassimpático.

LF/HF – Relação entre os componentes LF e HF; caracteriza as alterações absolutas e relativas entre o ramo simpático e parassimpático (balanço simpato-vagal sobre o coração).

bmp – Batimentos por minuto.

RMSSD- Índice de medida da VFC que representa a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes. Representa indiretamente a atividade parassimpática do SNA.

SDNN- Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms; caracteriza indiretamente a atividade parassimpática.

pNN50- Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; representa indiretamente a atividade parassimpática.

SD1- Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo indiretamente a ação do nervo vago (sistema nervoso parassimpático).

SD2- Representa um resultado da análise de Poincaré e pode representar de forma indireta a atividade do sistema nervoso simpático.

ApEn- logaritmo natural da prevalência relativa de repetitivos padrões (amostra da série RR) de tamanho m comparados com aqueles de tamanho $m=1$. Mede o grau de irregularidade e complexidade de um sinal. Quanto maior é o valor da ApEn maior é a complexidade da VFC.

DFA: $\alpha 1$ - quantifica a presença ou a ausência de propriedade de correlação fractal dos intervalos RR. Esse componente é de curto prazo (4-16 batimentos, $\alpha 1$) (baseado no Kubios HRV Analysis Software).

DFA: $\alpha 2$ - quantifica a presença ou a ausência de propriedade de correlação fractal dos intervalos RR. Esse componente é de longo prazo (16-64 batimentos, $\alpha 2$) (baseado no Kubios HRV Analysis Software).

D2- Indicador da análise não-linear com cálculo matemático baseado na Teoria do Caos; representa indiretamente a dinâmica de interação do organismo ao ambiente; adaptação do organismo.

EEG- eletroencefalograma.

ERP- potenciais relacionados a eventos (*event related potential*).

ERN- negatividade relacionada ao erro (*Error related negativity*).

SP- potencial lento de conflito (*slow potential conflict*).

fMRI- Ressonância magnética funcional

CCA ou ACC- Córtex cingulado anterior (*anterior cingulate cortex*).

dACC- Córtex cingulado anterior dorsal (*Dorsal anterior cingulate cortex*)

vACC- Córtex cingulado anterior ventral (*ventral anterior cingulate cortex*)

ASR ou ASR- Arritmia sinusal respiratória (*respiratory sinus arritmia*).
Sincronização da respiração com batimentos cardíacos.

LANESPE/LEC- Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício e Laboratório de Educação Cerebral. Coordenado pelo professor Dr. Emílio Takase.

SPSS- *Statistical Package for Social Sciences*.

LISTA DE TABELAS (GERAL)

Tabela 1: Seleção de artigos (confiabilidade da VFC).....	55
Tabela 2: Autor, sujeitos da pesquisa e grupo placebo.....	75
Tabela 3: Autor e protocolo de biofeedback cardiorrespiratório...	79
Tabela 4: Autor, resultados da VFC pré e pós intervenção e conclusão.....	86

LISTA DE FIGURAS (GERAL)

Figura 1: Relação entre córtex e sistema visceral para comportamento social. Adaptado de Porges (2007b), p. 123.....	35
Figura 2: Sistema nervoso autônomo. Adaptado de Carlson (2002), p.94.....	37
Figura 3: Representação da coerência cardíaca. Adaptado de McCraty et al., (2009) p. 25.....	41
Figura 4: Complexo QRS. Adaptado de Gudmundsson et al. (2012).....	47

LISTA DE TABELAS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2)

Lista de tabelas: estudo 1

Tabela 1: Média e Desvio Padrão no domínio do tempo da VFC.....	130
Tabela 2: Domínio do tempo da VFC (ANOVA 2x2x2).....	131
Tabela 3: Média e Desvio Padrão da coerência cardíaca e domínio da frequência da VFC.....	134
Tabela 4: Domínio da frequência da VFC e coerência cardíaca (ANOVA 2x2x2).....	135
Tabela 5: Média e Desvio Padrão na análise de Poincaré e análise não linear da VFC.....	138
Tabela 6: Análise de Poincaré e análise não linear da VFC (ANOVA 2x2x2).....	139
Tabela 7: Questionário Pós sessão de biofeedback.....	143
Tabela 8: Análise descritiva dos índices da VFC sem normalização (feedback real) (Apêndice 4).....	282
Tabela 9: Análise descritiva dos índices da VFC sem normalização (feedback placebo) (Apêndice 4).....	284
Tabela 10: Análise descritiva da coerência cardíaca sem normalização (feedback real e feedback placebo) (Apêndice 4).....	285

Lista de tabelas: estudo 2

Tabela 1: Índices do domínio do tempo da VFC.....	184
Tabela 2: LF/HFms ² e coerência cardíaca.....	185
Tabela 3: Análise de Poincaré e índices não lineares da VFC.....	188
Tabela 4: Dimensões emocionais da escala PANAS.....	207
Tabela 5: Questionário Pós sessão de biofeedback.....	210

LISTA DE FIGURAS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2)

Lista de figuras: estudo 1

Figura 1: Nexus-10 hardware.....	121
Figura 2: Display das sessões de Biofeedback cardiorrespiratório.....	122
Figura 3: Procedimentos de coleta de dados.....	125

Lista de figuras: estudo 2

Figura 1: Tarefa de Emotional Stroop.....	169
Figura 2: HRV Hardware	171
Figura 3: Cálculo da coerência cardíaca.....	172
Figura 4: Foto do display-Biofeedback.....	176
Figura 5: ERN para a tarefa Go No/Go	200
Figura 6: Topografia de Pe na tarefa Go No/Go	201
Figura 7: ERPs para a tarefa Emotional Stroop.....	203
Figura 8: Diferença entre grupos- ERP para Emotional Stroop.....	204

LISTA DE GRÁFICOS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2)

Lista de gráficos: estudo 1

Gráfico 1: HR.....	133
Gráfico 2:RR.....	133
Gráfico 3: SDNN.....	133
Gráfico 4: RMSSD.....	133
Gráfico 5: pNN50.....	133
Gráfico 6: LF/HFms ²	137
Gráfico 7:LF.....	137
Gráfico 8: HF.....	137
Gráfico 9: Cardiac coherence (Coerência cardíaca)	137
Gráfico 10: SD1.....	141
Gráfico 11: SD2.....	141
Gráfico 12: ApEn.....	141
Gráfico 13: DFA: $\alpha 1$	141
Gráfico 14: DFA: $\alpha 2$	141
Gráfico 15: D2.....	141

Lista de gráficos: estudo 2

Gráfico 1: LF/HFms ²	186
Gráfico 2: Coerência cardíaca.....	187
Gráfico 3: ApEn.....	189
Gráfico 4: DFA: $\alpha 1$	190
Gráfico 5: DFA: $\alpha 2$	190
Gráfico 6: D2.....	191
Gráfico 7: Performance cognitiva: Go No/Go.....	194
Gráfico 8: Performance cognitiva: Emotional Stroop.....	196-197

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	12
LISTA GERAL DE SIGLAS.....	14
LISTA DE TABELAS (GERAL).....	17
LISTA DE FIGURAS (GERAL).....	18
LISTA DE TABELAS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2).....	19
LISTA DE FIGURAS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2).....	20
LISTA DE GRÁFICOS (ESTUDO 1 E ESTUDO 2).....	21
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	26
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	32
2.1 Teoria Polivagal e Modelo Neurovisceral.....	32
2.1.1 Teoria Polivagal.....	32
2.2.1.1 Atividade Cardiorrespiratória.....	39
2.1.2 Modelo Neurovisceral.....	43
2.2 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)	47
2.2.1 Variabilidade da frequência cardíaca: confiabilidade teste re-teste.....	50
2.3 O biofeedback cardiorrespiratório	70
2.3.1 Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório na variabilidade da frequência cardíaca.....	73
2.4 Eletroencefalograma (EEG).....	97
2.4.1 Potenciais relacionados a eventos (ERPs).. 2.4.1.1 Detecção de erro (ERN e Pe).....	99
2.4.1.2 Detecção de conflito (P3 e SP).....	101
2.5 Placebo: manipulando o experimento.....	105
3 ESTUDO 1: Acreditar ou não acreditar no feedback? Efeitos do biofeedback	

cardiorrespiratório associado com feedback verdadeiro e feedback placebo no sistema nervoso autônomo.....	110
RESUMO.....	110
ABSTRACT.....	111
3.1 Introdução.....	112
3.2 Objetivos.....	117
3.2.1 Objetivo geral.....	117
3.2.2 Objetivos específicos.....	117
3.3 Método.....	117
3.3.1 Participantes.....	118
3.3.2 Questionários.....	119
3.3.3 O Biofeedback cardiorrespiratório: Hardware e Software.....	120
3.3.4 A sessão de Biofeedback cardiorrespiratório.....	122
3.3.5 Procedimentos e registro dos dados.....	124
3.3.6 Análise da VFC e da coerência cardíaca.....	125
3.3.7 Análise estatística.....	127
3.4 Resultados.....	129
3.4.1 Coerência cardíaca e VFC durante as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório e pós teste.....	129
3.4.2 Controle de variáveis e questionário pós sessão.....	142
3.5 Discussão.....	144
3.6 Conclusão.....	154

4 ESTUDO 2: Acreditar ou não acreditar nas instruções? Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado com a manipulação de instruções no sistema nervoso autônomo e no sistema nervoso central.....	157
RESUMO.....	157
ABSTRACT.....	158
4.1 Introdução.....	159
4.2 Objetivos.....	163
4.2.1 Objetivo Geral.....	163
4.2.2 Objetivos específicos.....	163
4.3 Método.....	163
4.3.1 Participantes.....	164

4.3.2	Questionários.....	165
4.3.3	Tarefa Go No/Go.....	167
4.3.4	Tarefa Emotional Stroop.....	168
4.3.5	Equipamento de eletroencefalograma (EEG).....	170
4.3.6	O Biofeedback cardiorrespiratório: Hardware e software.....	170
4.3.7	A sessão de Biofeedback cardiorrespiratório – nome fictício de sessão “BRIC”.....	173
4.3.8	Procedimentos e registro de dados.....	174
4.3.9	Análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da coerência cardíaca.....	177
4.3.10	Análise do EEG.....	177
4.3.10.1	Tarefa Go No/Go e Emotional Stroop...	178
4.3.11	Análise Estatística.....	179
4.4	Resultados.....	183
4.4.1	VFC durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório.....	183
4.4.2	Performace cognitiva.....	191
4.4.2.1	Tarefa Go No/Go.....	192
4.4.2.2	Tarefa Emotional Stroop.....	195
4.4.3	Potenciais relacionados a eventos (ERPs)..	198
4.4.3.1	ERPs: tarefa Go No/Go.....	198
4.4.3.2	ERPs: tarefa Emotional Stroop.....	201
4.4.4	Correlações.....	204
4.4.4.1	VFC e performance cognitiva.....	205
4.4.4.2	VFC e ERPs.....	205
4.4.5	Questionários.....	205
4.4.6	Controle de variáveis.....	211
4.5	Discussão.....	212
4.6	Conclusão.....	225
5	DISCUSSÃO GERAL.....	227
6	CONCLUSÃO GERAL.....	234
7	REFERÊNCIAS.....	237
	ANEXOS ESTUDO 1.....	266
	Anexo 1: Escala de humor de Brunel (Brums).....	267

Anexo 2: Escala de estresse percebido.....	267
ANEXOS ESTUDO 2	268
Anexo 1: PANAS scale.....	269
Anexo 2: Body sensation questionnaire.....	271
Anexo 3: Body awareness questionnaire.....	272
Anexo 4: Tem Item Personality Inventory (TIPI 10).....	273
Anexo 5: Motivation Scale.....	274
Anexo 6: Consent Form.....	275
APÊNDICES ESTUDO 1.....	277
Apêndice 1: Ficha de dados.....	278
Apêndice 2: Questionário pós sessão de biofeedback.....	280
Apêndice 3: Termo de consentimento livre e esclarecido.....	281
Apêndice 4: Análise descritiva dos índices da VFC e da coerência cardíaca sem normalização.....	282
APÊNDICES ESTUDO 2.....	286
Apêndice 1: Questionário Pós sessão de biofeedback.....	287
Apêndice 2: Ficha de dados.....	288
Apêndice 3: Versão original das instruções	289

1. INTRODUÇÃO GERAL

O biofeedback é uma técnica de intervenção de retroalimentação psicofisiológica, que objetiva influenciar marcadores indiretos do sistema nervoso autônomo (SNA) para diminuir a hiperexcitação simpática (Hassett et al., 2007; F. Lehrer et al., 2006; Lehrer., Vaschillo, & Vaschillo, 2000; Lombardo & Violani, 1994). Existem diversos tipos de biofeedback que visam influir indiretamente no sistema nervoso autônomo, como exemplo, o biofeedback baseado na resposta galvânica da pele, na temperatura da pele, no tônus muscular, na variabilidade da frequência cardíaca e coerência cardíaca. Em todas as modalidades de biofeedback o sinal fisiológico é captado por meio de um sensor e apresentado em tempo real ao indivíduo por meio de um feedback auditivo ou visual. O biofeedback se caracteriza pela interação do indivíduo com o feedback do próprio sinal fisiológico. Esse feedback é fundamental para o treino de biofeedback, já que serve como um parâmetro para influir na modulação autônoma. No biofeedback, o indivíduo deve então buscar estratégias para treinar influir conscientemente nos marcadores indiretos do sistema nervoso autônomo (Lehrer. et al., 2000; Lombardo & Violani, 1994; Nishimura et al., 2007).

O sistema nervoso autônomo é altamente adaptável e possibilita manter a homeostase do organismo para diferentes demandas ambientais, sejam demandas físicas, emocionais ou cognitivas (Porges, 2001; Servant, Logier, Mouster, & Goudemand, 2009; Shahrestani, Stewart, Quintana, Hickie, & Guastella, 2015). Desta maneira, o sistema nervoso autonômico tem um papel importante na adaptação psicofisiológica e comportamental do indivíduo, com a interação dos ramos simpático e parassimpático (Laborde, Lautenbach, & Allen, 2015). Os ramos simpático e parassimpático do SNA são ambos influenciados pelo tronco cerebral, hipotálamo, sistema límbico e por áreas corticais, e se relacionar com os estados emocionais, comportamentos meta dirigidos, sistema visceral e muscular vasomotor, e unidades vasomotoras da pele e do suor. O nervo vago, relacionado ao ramo parassimpático, se relaciona com o freio da hiper excitação simpática, e influi na adaptação emocional e comportamental em diferentes contextos (Porges, 2001, 2007a, 2007b; Shahrestani et al., 2015).

No cotidiano o indivíduo necessita da habilidade de se adaptar constantemente as demandas ambientais para que obtenha êxito no

comportamento dirigido. As pressões diárias influenciam a adaptação psicofisiológica do organismo e isso pode ser verificado indiretamente por meio do registro e análise do sistema nervoso autônomo, especialmente por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC é um índice indireto do ramo simpático e parassimpático e pode representar um marcador relacionado à adaptação psicofisiológica (Laborde, Lautenbach, et al., 2015; Liang, Lee, Chen, & Chang, 2015).

Os estudos com a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) iniciaram especialmente nos últimos 40 anos, com interpretações e aplicações clínicas há menos tempo (Porges, 2007a, 2007b; Thayer, Hansen, Saus-Rose, & Johnsen, 2009a). A variabilidade da frequência é caracterizada como as variações da duração dos intervalos R-R consecutivos e se correlaciona com a excitação emocional e valência de estímulos emocionais, processos motores, atenção passiva e ativa, preparação motora e também com a inibição das respostas motoras. As aferências autonômicas tem influência sobre a excitação da emoção e cognição pelo regulamento visceral de baixo para cima (bottom-up) e de cima para baixo (top-down) relacionado com a expressão emocional. A VFC é influenciada pela atividade do nervo vago e os dados sensoriais provenientes do coração são alimentados novamente ao sistema nervoso central (Lane et al., 2009; Park & Thayer, 2014; Sequeira, Hot, Silvert, & Delplanque, 2009; Thayer, Hansen, Saus-Rose, & Johnsen, 2009b).

A diminuição da variabilidade da frequência cardíaca se relaciona com dificuldade de adaptação do organismo a demandas do ambiente, doença psiquiátrica, estresse agudo e estresse crônico, dor, índice de mortalidade cardiovascular, doenças cardíacas e respiratórias, doença de chagas e diabetes. Isso pode se relacionar com a diminuição da ação nervo vago sob a atividade simpática. Por outro lado, o aumento da variabilidade cardíaca é associada a adaptação emocional e comportamental (Laborde, Lautenbach, et al., 2015; Park & Thayer, 2014; Park, Van Bavel, Vasey, & Thayer, 2012; J F. Thayer et al., 2009a). Nota-se, contudo, que não é uma relação de causa e efeito. Esta relação entre a VFC, adaptação social e flexibilidade cognitiva é discutida por Teorias que integram o sistema nervoso autônomo e o sistema nervoso central como, por exemplo, a Teoria Polivagal (Porges, 1995a, 2001, 2007b) e o Modelo Neurovisceral (Thayer & Lane, 2000, 2009).

Nesta perspectiva, o biofeedback cardiorrespiratório é uma técnica de biofeedback que utiliza a variabilidade da frequência cardíaca para influir indiretamente na modulação autônoma. O biofeedback cardiorrespiratório apresenta como pressuposto que é possível

influenciar na modulação das respostas autônomas a partir do feedback simultâneo de índices da variabilidade da frequência cardíaca e respiração (Lehrer. et al., 2003; Lombardo & Violani, 1994). Para isso, o feedback do biofeedback cardiorrespiratório pode ser apresentado por meio da coerência cardíaca (ou frequência de ressonância) (Karavidas, Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo, 2005, 2007; Kranitz et al., 2002; Lehrer. et al., 2006; McCraty, Atkinson, Tomasino, & Bradley, 2009).

A coerência cardíaca (chamada também de frequência de ressonância) é associada com a frequência cardíaca e atividade do barorreflexo e é caracterizada como a maior amplitude das oscilações da frequência cardíaca induzida pela respiração (McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014). O nome coerência cardíaca é mais utilizado pelo Instituto HeartMaths's (McCraty et al., 2009) e o nome frequência de ressonância é mais utilizado nos estudos de Lehrer (P. M. Lehrer & Vaschillo, 2003; Lehrer. et al., 2006; Lehrer., Vaschillo, Trost, & France, 2009; Lehrer., Vaschillo, et al., 2010; Lehrer. et al., 2003; E. G. Vaschillo, Vaschillo, & Lehrer, 2006a). Mas ambas nomenclaturas possuem o mesmo significado assim como refere Shaffer, McCraty, and Zerr (2014).

A coerência cardíaca ocorre quando a respiração e a frequência cardíaca entram em sincronia, em uma frequência de aproximadamente 0.1 Hz da baixa frequência da variabilidade da frequência cardíaca (LF=low frequency). A coerência cardíaca se associa ao ritmo aproximado de 6 respirações por minuto, geralmente marcado pela respiração abdominal e pela exalação maior que a inalação, o que se relaciona pelo aumento máximo da amplitude sinusal respiratória (ASR) (P. M. Lehrer & Vaschillo, 2003; Lehrer. et al., 2006; Lehrer. et al., 2009; Lehrer., Vaschillo, et al., 2010; Lehrer. et al., 2003; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

A coerência cardíaca se relaciona com o aumento da atividade do nervo vago do ramo parassimpático do sistema nervoso autônomo e aumento da VFC. O treino da coerência cardíaca está associado à diminuição de estados emocionais negativos e diminuição de estresse e de ansiedade. Entretanto, o ritmo respiratório para atingir a coerência cardíaca pode variar conforme cada indivíduo, o que destaca a relevância de intervenções que possibilitam a apresentação constante de feedback fisiológico a fim de auxiliar a atingir a coerência cardíaca (P. M. Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo, 2000; McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014).

O biofeedback cardiorrespiratório é uma técnica útil no treino da coerência cardíaca já que mostra em tempo real o feedback do sinal

fisiológico (Lehrer. et al., 2000; Lombardo & Violani, 1994; Prinsloo, Rauch, Karpul, & Derman, 2013). Durante a intervenção com biofeedback cardiorrespiratório o objetivo é aprender por meio do feedback uma estratégia para atingir a coerência cardíaca. Para isso uma forma de estratégia é o treino da respiração abdominal controlada, a fim de atingir a sincronização da respiração com os batimentos cardíacos (P. M. Lehrer et al., 2000; McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014). Esta técnica de intervenção pode influenciar nos estados emocionais com valência positiva e negativa e na diminuição da hiper excitação simpática (Sequeira et al., 2009; E. G. Vaschillo, Vaschillo, & Lehrer, 2006b; Zucker, Samuelson, Muench, Greenberg, & Gevirtz, 2009).

Alguns estudos sugerem que o biofeedback influencia no aumento de índices da VFC, auxiliando indiretamente na modulação autônoma (Ginsberg, Berry, & Powell, 2010a; P. M. Lehrer et al., 2003; Nolan et al., 2005). Outras pesquisas mostram que após o treinamento com biofeedback cardiorrespiratório ocorre o aumento de índices da VFC em pacientes com asma (P. Lehrer, Smetankin, & Potapova, 2000), doença pulmonar obstrutiva (Giardino, Chan, & Borson, 2004) e doença coronariana (Del Pozo, Gevirtz, Scher, & Guarneri, 2004). Outro estudo (Prinsloo, Rauch, et al., 2013) com o biofeedback cardiorrespiratório em uma curta sessão de efeito agudo mostrou mudanças na atividade elétrica do cérebro por meio do EEG (eletroencefalograma). Os autores verificaram que as principais mudanças no EEG durante a técnica de biofeedback foram no aumento das ondas theta e alpha, e diminuição da onda beta power na região centro parietal e foram relacionadas com estado de relaxamento e processo de atenção. Este achado foi similar a resultados com estudos com a técnica de meditação (Lagopoulos et al., 2009; Y. H. Lee et al., 2015).

A técnica específica de biofeedback cardiorrespiratório ainda é uma técnica metodologicamente pouco investigada mas pesquisas já realizadas mostram que possui efeitos indiretos para o sistema nervoso autônomo (Ahmed, Begum, Funk, Xiong, & von Scheele, 2011; Del Pozo et al., 2004; M. K. Karavidas et al., 2007; Prinsloo, Derman, Lambert, & Laurie Rauch, 2013; Prinsloo, Rauch, & Derman, 2014) e sistema nervoso central (Prinsloo, Rauch, et al., 2013). O sistema nervoso autônomo e o cérebro não são sistemas independentes, mas se relacionam para formar um sistema integrado de processamento de informações emocionais e cognitivas. Neste sentido, a ativação da excitação emocional e do estresse se relacionam com processos do cérebro e com respostas autonômicas periféricas (Park, Vasey, Van Bavel, & Thayer, 2013; Shahrestani et al., 2015; Thayer, Friedman, &

Borkovec, 1996; J. F. Thayer et al., 2009b; Thayer, Smith, Rossy, Sollers, & Friedman, 1998).

Os estudos com biofeedback cardiorrespiratório são em maior parte realizados com uma amostra de pacientes clínicos em um programa de intervenção crônico (Del Pozo et al., 2004; Giardino et al., 2004; Hassett et al., 2007; P. Lehrer et al., 2000; Swanson et al., 2009) mas ainda são poucos estudos sobre o impacto desta técnica em indivíduos adultos “saudáveis”, sem doenças cardíacas, condições psiquiátricas ou neurológicas. Além disso, a técnica de biofeedback cardiorrespiratório pode estar relacionada a características placebo, já que pode envolver a crença do participante quanto a expectativa de melhora com a intervenção (Lombardo & Violani, 1994). A técnica de biofeedback mesmo associada a características placebo é uma importante intervenção que se associa a reações emocionais e psicofisiológicas diante de estímulos externos e que pode influir em diferentes formas da modulação autônoma e do processamento de informações do cérebro.

Com isso, foi realizada esta tese, com o foco central de compreender características psicofisiológicas associadas com a técnica de biofeedback cardiorrespiratório em diferentes manipulações experimentais. O objetivo central foi investigar os correlatos da variabilidade da frequência cardíaca e da atividade elétrica do cérebro (EEG) com a intervenção aguda do biofeedback cardiorrespiratório baseado no treino da coerência cardíaca associado a manipulação placebo. Em tese, buscou-se compreender como a manipulação placebo influenciou nos efeitos da técnica de biofeedback cardiorrespiratório. Para isso esta tese envolveu dois estudos que são apresentados separadamente, cada um com o objetivo geral e os objetivos específicos.

O estudo 1 foi realizado no Brasil, no LANESPE/LEC (Laboratório de Neurociência do Esporte e do Exercício e Laboratório de Educação Cerebral da Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Psicologia). O ponto central de investigação do estudo 1 é verificar o efeito durante e depois do biofeedback cardiorrespiratório em índices da variabilidade da frequência cardíaca e na coerência cardíaca. A característica placebo investigada neste estudo foi associada a manipulação do feedback do biofeedback. Uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi associada a feedback real, do próprio participante, enquanto que outra sessão foi associada a feedback falso do biofeedback cardiorrespiratório.

O estudo 2 se baseou na investigação do efeito do biofeedback cardiorrespiratório nos índices da variabilidade da frequência cardíaca e

na coerência cardíaca e o efeito após o biofeedback cardiorrespiratório nos ERPs (potenciais relacionados a eventos) durante as tarefas cognitivas que envolveram detecção de erro e detecção de conflito. Os ERPs são potenciais que são evocados em determinado tempo em relação a um evento definido e que, portanto, possibilitam investigar a atividade elétrica cerebral gerada durante o processamento de informações em determinada tarefa (Luck, 2005). Desta maneira, os ERPs possibilitam a compreensão do funcionamento do cérebro em determinada tarefa e tempo, e são sensíveis as variáveis relacionadas ao processamento de informações (Duncan et al., 2009). A característica placebo investigada no estudo 2 foi associada a manipulação de instruções do biofeedback cardiorrespiratório, sendo para um grupo com instruções positivas induzidas e para outro grupo com instruções neutras. O estudo 2 foi realizado durante o período de bolsa de doutorado sanduiche no exterior, concedido pela CAPES, e foi realizado na Universidade de Goldsmiths em Londres, sob orientação do Professor Joydeep Bhattacharya.

O objetivo, portanto, foi buscar a compreensão de como o sistema nervoso autônomo e o sistema nervoso central são influenciados pelo biofeedback cardiorrespiratório associado com a manipulação de feedback (estudo 1) e manipulação de instruções (estudo 2). Pesquisas que envolvem a investigação da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e dos ERPs (potenciais relacionados a eventos) durante e após o biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação placebo não foram encontradas. A utilização de manipulação placebo para a técnica de biofeedback cardiorrespiratório é uma condição que pode ser mais explorada pois auxilia a compreender o processo da técnica de biofeedback e seus correlatos psicofisiológicos. Ademais, estudos nesta área são relevantes para o desenvolvimento e aprimoramento de protocolos de intervenção que objetivem a saúde emocional.

Para tanto, o item a seguir desta tese se refere a revisão de literatura, seguindo para o estudo 1 e o estudo 2 que são apresentados separadamente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta tese investigou os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado à manipulação de características placebo no sistema nervoso autônomo e no sistema nervoso central. Para auxiliar na compreensão das variáveis investigadas nesta tese, os itens desta revisão de literatura envolvem: a base teórica da Teoria Polivagal e do Modelo Neurovisceral para compreender os mecanismos de ativação e inibição do ramo simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo (item e subitens 2.1); a variabilidade da frequência cardíaca como um índice indireto e não invasivo do sistema nervoso autônomo (item e subitem 2.2); a caracterização da técnica de biofeedback cardiorrespiratório (item e subitem 2.3); e a medida de avaliação do sistema nervoso central, o EEG (eletroencefalograma), especificamente os ERPs (potenciais relacionados a eventos) (item e subitens 2.4) e a delimitação do placebo (item 2.5). Portanto, a seguir é apresentado o item relacionado com a Teoria Polivagal e o Modelo Neurovisceral. Ambas as Teorias auxiliam na compreensão dos mecanismos de ativação e de inibição do sistema nervoso autônomo, e como este se relaciona com os processos psicológicos e cognitivos.

2.1 Teoria Polivagal e Modelo Neurovisceral

2.1.1 Teoria Polivagal

A Teoria Polivagal se baseia no modelo filogenético e propõe que o sistema nervoso autônomo influi no comportamento social e na mobilização dos músculos para expressões faciais e comportamentos socialmente adaptáveis. Além disso, a Teoria Polivagal enfatiza a relação dos circuitos corticais com a regulação autônoma visando a adaptação comportamental e a manutenção da homeostase. Este modelo teórico investiga fenômenos relacionados ao sistema nervoso autônomo, especialmente ao nervo vago (Austin, Riniolo, & Porges, 2007; Porges, 2001, 2007b).

A Teoria Polivagal sugere três subsistemas autônomos baseados no desenvolvimento filogenético: imobilização (exemplo, morte, desligamento comportamental); mobilização (exemplo, comportamento

de luta-fuga); comunicação e comportamento social. Este último é considerado o mais evoluído e serve para auxiliar a mater a “calma” e diminuir a excitação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal. As fibras do nervo vago mielinizadas auxiliam a produzir a desaceleração cardíaca e possibilita a adaptação ao comportamento social. A Teoria Polivagal compreende as características fisiológicas numa perspectiva filogenética, relacionando a função do sistema nervoso autônomo aos processos comportamentais, como será descrito a seguir (Ginsberg, Berry, & Powell, 2010b; Porges, 2001).

No que se refere ao sistema nervoso autônomo ou autonômico (SNA), este é responsável pelo controle das funções viscerais do corpo, na regulação das respostas adaptativas ao ambiente. É chamado também de sistema neurovegetativo, pois seu funcionamento não é normalmente acessível à consciência. A modulação autônoma nos seres humanos é resultado de um processo de evolução filogenético que se adaptou a fim de manter a homeostase do organismo e o comportamento social. Além disso, o SNA é responsável pelo controle involuntário e inconsciente das funções dos órgãos, em contraste com a porção voluntária e consciente das funções percebidas dos músculos esqueléticos (Porges, 2001, 2007a, 2007b; Recordati, 2002).

Diferentes comportamentos e reflexos viscerais são modulados pelo sistema nervoso autônomo. O sistema nervoso autônomo é considerado um sistema termodinâmico, que envolve a troca de energia e de informação a fim de responder a comportamentos meta dirigidos (Kenney & Ganta, 2014; Recordati, 2003). As estruturas que se relacionam ao funcionamento autônomo são os núcleos do tronco encefálico, hipotálamo e prosencéfalo basal, supridos de sinais contínuos de todas as partes do organismo (Cechetto & Shoemaker, 2009; Jacomini & Silva, 2007; Napadow et al., 2008; Puzanovova et al., 2009; Schestatsky, Simis, Freeman, Pascual-Leone, & Fregni, 2013).

Para a regulação autonômica são envolvidas vias aferentes medulares e vagais. Estas vias possibilitam que o sistema nervoso central (núcleo trato solitário) receba a informação (Cechetto & Shoemaker, 2009). Todas as informações são então moduladas pelas fibras eferentes vagais rápidas e eferentes simpáticas lentas retornando a informação ao coração. Associado a este fenômeno tem-se a variabilidade batimento a batimento da frequência cardíaca, a variabilidade da frequência cardíaca, que está descrita no item 2.3 desta revisão de literatura (Napadow et al., 2008; van Ockenburg et al., 2015; Vistisen, Jensen, Fleischer, & Nielsen, 2014).

As fibras musculares (lisas na maioria e estriadas no coração) e células glandulares recebem terminações nervosas do sistema nervoso autônomo (SNA), coordenando as funções de diferentes órgãos e sistemas (Cechetto & Shoemaker, 2009). O SNA influencia a regulação da frequência cardíaca (FC) e do tônus vascular para manter a homeostase e auxilia na manutenção da pressão arterial e do volume venoso central. Para isso, o SNA envolve os ramos simpático e parassimpático que realizam sinapses entre o neurônio central e o alvo periférico (sinapse ganglionar) (Cechetto & Shoemaker, 2009; Jacomini & Silva, 2007; Napadow et al., 2008).

O nervo vago se relaciona a atividade parassimpática do sistema nervoso autônomo e está ligado geneticamente a evolução dos mamíferos. A mielinização do nervo vago evoluiu filogeneticamente nos mamíferos e influi na inibição límbica e no estabelecimento de laços sociais. Com a evolução o nervo vago se caracterizou como um “freio” da hiper excitação límbica e cardíaca por meio de vias eferentes. Este “freio” contribui ao indivíduo o manejo das emoções e a “manter a calma” em determinados contextos sociais (Austin et al., 2007; Recordati, 2003).

A regulação visceral e as expressões faciais são um importante substrato comportamental, influenciadas pelo sistema nervoso autônomo, especialmente pelo nervo vago (parassimpático). O nervo vago se caracteriza como um importante inibidor e desinibidor cardíaco, possibilitando “calma” e “equilíbrio” ao indivíduo para que seja possível a adaptação ao ambiente conforme contexto social (Porges, 1995b, 1997, 2001, 2007b). A figura abaixo mostra a relação entre o comportamento social e a relação com o SNA, conforme a Teoria Polivagal discutida no artigo de Porges (2007b), p. 123.

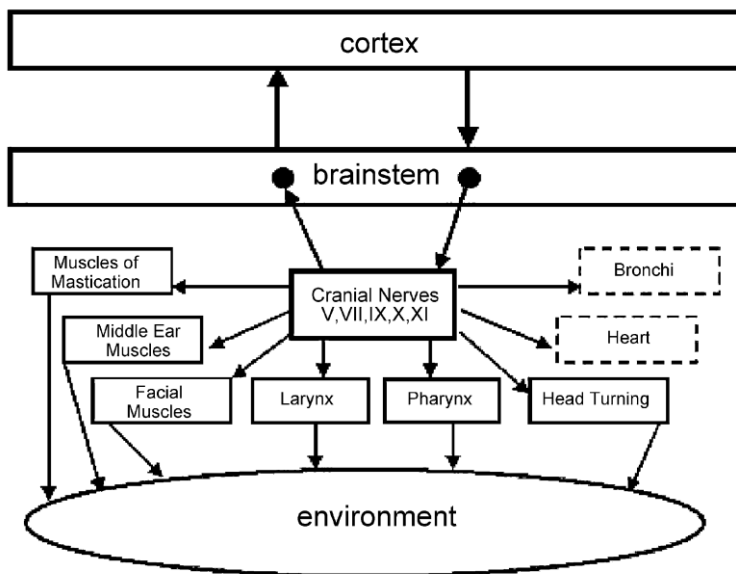


Figura 1: Relação entre córtex e sistema visceral para comportamento social. Adaptado de Porges (2007b), p. 123.

A figura 1 acima é apresentada no artigo de Porges (2007b), p. 123, e segundo o autor mostra o sistema de engajamento social. O comportamento social é influenciado pelo sistema cortical, envolvendo o componente somatomotor (em especial as vias eferentes viscerais que regulam os músculos estriados da face e da cabeça) e o componente visceromotor (ou seja, o nervo vago mielinizado que regula o coração e os brônquios). Na figura os blocos sólidos indicam o componente somatomotor e os blocos a tracejado indicam o componente visceromotor.

Quanto ao nervo vago, existe a distinção da frequência cardíaca mediada pela via de mielinização vagal e as respostas de bradicardia, mediadas pela via sem mielinização vagal. O nervo vago mielinizado (vago-ventral) é originado no núcleo ambíguo da parte ventral do tronco cerebral. O vago-ventral envolve estruturas que propiciam a coordenação entre o ritmo respiratório e os processos cardíacos, característico somente de mamíferos (Porges, 2009; Porges et al., 2007). A função do nervo vago mielinizado é enviar informações aos músculos da laringe, faringe, ouvido interno, músculos faciais, coração e pulmões e é considerado um “freio” do sistema límbico e do nervo vago dorsal

(ou não mielinizado). Por isso, o vago-ventral auxilia na solução da “ameaça” ou “emergência” conforme o contexto social por meio do uso de expressões faciais e sonoras. Se isso não for suficiente o organismo recorre a vias mais primitivas com a hiper ativação simpática na “luta e fuga” e se o organismo interpretar a “ameaça” como constante o “freio” do nervo vago mielinizado pode ser insuficiente acarretando em doença (Porges, 2007a, 2007b; Shahrestani et al., 2015).

O nervo vago não mielinizado é também chamado de vago-dorsal, é considerado primitivo, com origem no núcleo dorsal do tronco cerebral. Este sistema vago-dorsal se relaciona especialmente com os órgãos sub diafragmáticos e redução metabólica (Porges, 2003). O núcleo motor dorsal do nervo vago não relaciona a coordenação entre respiração e batimentos cardíacos (Porges, 2003, 2007b, 2009). As vias vagais aferentes também possuem papel importante para a regulação das emoções e do sistema visceral. Cerca de 80% das fibras vagais aferentes possibilitam informações sobre o estado visceral do organismo (Porges, 2003).

Quando o indivíduo detecta risco ou “emergência” o nervo vago é inibido e o ramo simpático prevalece para a mobilização da ação (Austin et al., 2007). A ativação do ramo simpático se associa especialmente pela atividade motora e estímulos externos. Sugere-se que o ramo parassimpático é o agente pela homeostase do organismo e do engajamento social. Já a prevalência do ramo simpático relaciona-se a características de “luta e fuga” e “emergência” (Austin et al., 2007; Recordati, 2003; Shahrestani et al., 2015). A figura 2 abaixo mostra de forma didática os ramos simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo conforme exposto por Carlson (2002), p. 94:

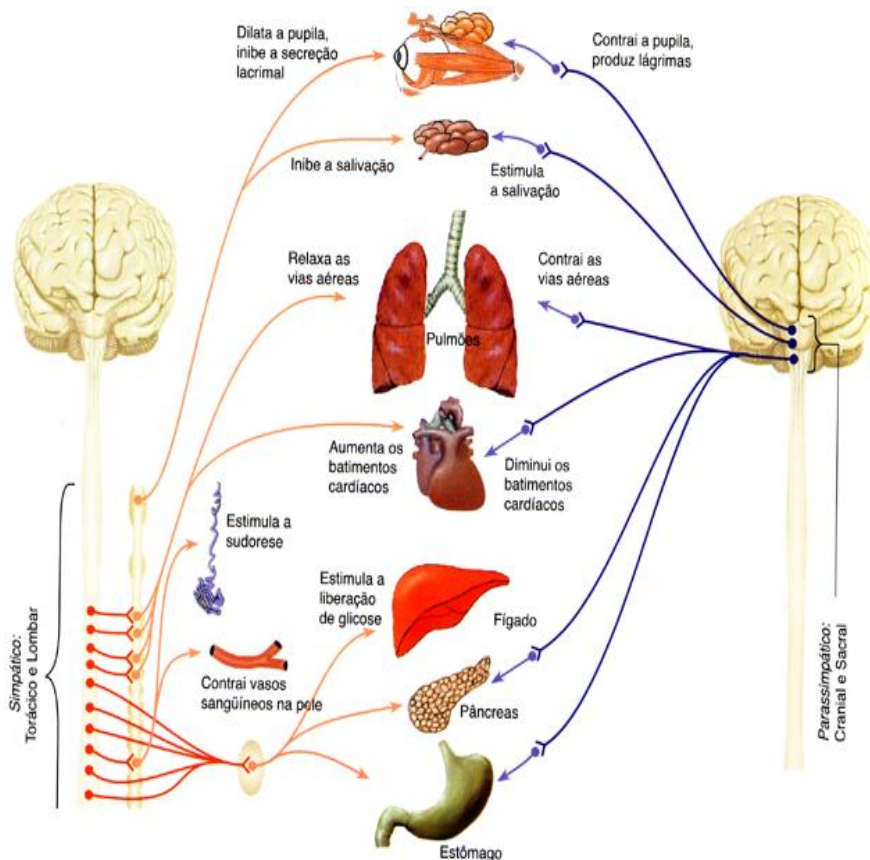


Figura 2: Sistema nervoso autônomo. Adaptado de Carlson (2002), p.94

A figura 2 acima mostra de forma didática os ramos simpático e parassimpático e a relação com a inibição ou ativação dos órgãos.

O ramo simpático envolve o comando central voluntário (atividade muscular), a excitação central involuntária (estresse e emoções) e os reflexos (aumento do vetor da gravidade, diminuição da temperatura e hipoxia) visando mobilizar energia para o organismo e preparar para uma ação no ambiente externo. Este processo de mobilização de energia no organismo caracteriza o aumento da frequência cardíaca, da frequência respiratória e da pressão sanguínea (Austin et al., 2007; Porges, 2009; Recordati, 2003). Tarefas mentais e físicas também necessitam de certa atividade simpática para que o

organismo se mobilize a uma resposta adequada ao meio ambiente (Recordati, 2003).

Durante a atividade física espera-se que os músculos sejam acionados e que ocorra o aumento dos batimentos cardíacos com a combinação da atividade do ramo simpático e parassimpático. Contudo, espera-se que após o exercício físico o organismo se recupere em 1 minuto, com ação do nervo vago e diminuição da hiper atividade simpática. Este efeito rebote do nervo vago após atividade e exercício físico se relaciona com a diminuição dos batimentos cardíacos em indivíduos sem disfunção cardíaca e é um preditor de mortalidade após infarto do miocárdio. Do mesmo modo o efeito rebote do nervo vago também ocorre após tarefas mentais que geram estresse psicológico e resposta rápida ao ambiente. É importante ressaltar que ambos os sistemas (simpático e parassimpático) são continuamente acionados no dia-a-dia, com a prevalência de um ou outro em determinada situação conforme o contexto social (Porges, 2009; Recordati, 2003).

Algumas pesquisas que basearam seus achados na Teoria Polivagal. Em síntese, alguns exemplos: Kogan, Allen, and Weihs (2012) com o estudo sobre ansiedade em mulheres com cancer; Weinberg, Klonsky, and Hajcak (2009) e Austin et al. (2007) que investigaram o sistema nervoso autônomo e a arritmia sinusal respiratória em pessoas com personalidade borderline; Capuana, Dywan, Tays, and Segalowitz (2012) investigaram as diferenças entre jovens e idosos no que se refere a modulação autônoma e arritmia sinusal respiratório durante uma tarefa de memória de trabalho e controle inibitório; e Maunder, Lancee, Nolan, Hunter, and Tannenbaum (2006) com a pesquisa que buscou relacionar estresse, estresse subjetivo e sistema nervoso autônomo em adultos saudáveis. Pesquisas relacionadas com a intervenção de biofeedback cardiorrespiratório também utilizaram como base teórica a Teoria Polivagal (Lehrer., Karavidas, et al., 2010; Swanson et al., 2009; Zucker et al., 2009).

Como exemplo de pesquisa que utilizou a Teoria poligaval como base teórica cita-se o trabalho de Austin et al. (2007). Esta pesquisa investigou se participantes com personalidade borderline se diferenciaram de participantes de um grupo controle no que se refere ao componente parassimpático do SNA. Para isso, foi registrado em todos os participantes a arritmia sinusal respiratória e a frequência cardíaca durante a exposição a um vídeo clipe com conteúdo de variação emocional. Os resultados mostraram que durante a exibição do vídeo o grupo controle mostrou o aumento da arritmia sinusal respiratória e dos indicadores da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). No grupo de

participantes com personalidade borderline a arritmia sinusal respiratória e os indicadores da VFC diminuíram. Os autores sugeriram que o mecanismo vagal mediou às respostas cardíacas somente no grupo controle o que se relacionou com melhor adaptação social. Por outro lado, os participantes com personalidade borderline mostraram maior ativação simpática, que se caracterizou pela mobilização intensa de energia para “luta e fuga”. Além disso, os resultados mostraram que em indivíduos sem nenhuma condição psiquiátrica foi encontrada uma relação forte entre a regulação do nervo vago e a frequência cardíaca que se associou com adaptação comportamental. Já em indivíduos com personalidade borderline inferiu-se a associação entre disfunção vagal e dificuldade de adaptação social.

Foi observado no estudo de Austin et al. (2007) a relação entre arritmia sinusal respiratória, batimentos cardíacos e nervo vago, sendo base da Teoria Polivagal. Para tanto, o item a seguir desta revisão de literatura explica melhor a relação da respiração com os batimentos cardíacos.

2.1.1.1 Atividade Cardiorrespiratória

Conforme o item anterior desta revisão de literatura a Teoria Polivagal se baseia no estudo da relação do nervo vago mielinizado com o ritmo respiratório e batimentos cardíacos (Porges, 1995b, 1997, 2001, 2007b). A partir disso, associa-se o controle respiratório com a frequência e variabilidade da frequência cardíaca, chamada de arritmia sinusal respiratória. A arritmia sinusal respiratória é a variação da frequência respiratória influenciada pela frequência cardíaca (P. Lehrer, Vaschillo, Trost, & France, 2009; Lehrer. et al., 2000; Recordati, 2003; E. G. Vaschillo et al., 2006b).

A amplitude da arritmia sinusal respiratória é influenciada pela inspiração e expiração e pelo ramo parassimpático do SNA (Silvia, Jackson, & Sopko, 2014). Quanto maior a expiração em relação à inspiração maior a amplitude da arritmia sinusal respiratória, com aumento de atividade do nó sino atrial (Porges, 2001, 2007b). Isso porque a frequência cardíaca aumenta quando ocorre a inalação e diminui quando ocorre a exalação (Lin. et al., 2012).

A respiração gera alterações na frequência cardíaca geralmente na faixa de 0.15-0.4 Hz, que representa aproximadamente 9-24 respirações por minuto em adultos saudáveis. A frequência de 0.15 – 0.4

Hz é considerada como alta frequência cardíaca. A baixa frequência (“low frequency” da variabilidade da frequência cardíaca) é na faixa de 0.05-0.15 Hz (3 a 9 respirações por minuto) e representa uma alta amplitude da respiração, com ação tanto do nervo simpático quanto do nervo parassimpático. A frequência na faixa de 0.005-0.05 Hz é ainda menor, e é mediada pela ativação simpática para a regulação do tônus vascular e da temperatura corporal (Lehrer. et al., 2009; Lehrer. et al., 2000; Porges, 2001).

O pico de 0.1 Hz de LF reflete em 5 segundos de atraso na influência do barorreflexo no aumento e diminuição da pressão sanguínea. Este atraso é causado pela elasticidade da vasculatura (Kamiya et al., 2006; Lehrer. et al., 2009; Lehrer. et al., 2000; Lin., Tai, & Fan, 2014; Porges, 2001). Além disso, quando o sistema cardiovascular é estimulado a uma respiração de aproximadamente 0.1 Hz (aproximadamente seis respirações por minuto) ocorre o aumento máximo em amplitude de oscilação da frequência cardíaca (Lin. et al., 2014). Este efeito é a ressonância do sistema cardiovascular (ou coerência cardíaca) e é o resultado da atividade da frequência cardíaca sincronizada com a respiração (McCraty et al., 2009; E. Vaschillo, Bates, Lehrer, & Pandina, 2007; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

A denominação frequência de ressonância é mais utilizada nas pesquisas de Lehrer com o biofeedback cardiorrespiratório (P. Lehrer et al., 2000; P. Lehrer et al., 2006; P. M. Lehrer et al., 2000; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004) enquanto que a denominação coerência cardíaca é utilizada pelo Instituto HeartMaths’s (McCraty et al., 2009). Mas ambas denominações possuem o mesmo conceito e ambos os autores retratam a coerência cardíaca (ou frequência de ressonância) como o pico de 0.1Hz da VFC associado a 6 respirações por minuto. A figura 3 mostra a representação da coerência cardíaca com a onda senoidal dos batimentos cardíacos e o pico próximo a 0.1Hz de LF apresentado por McCraty et al. (2009) p. 25.

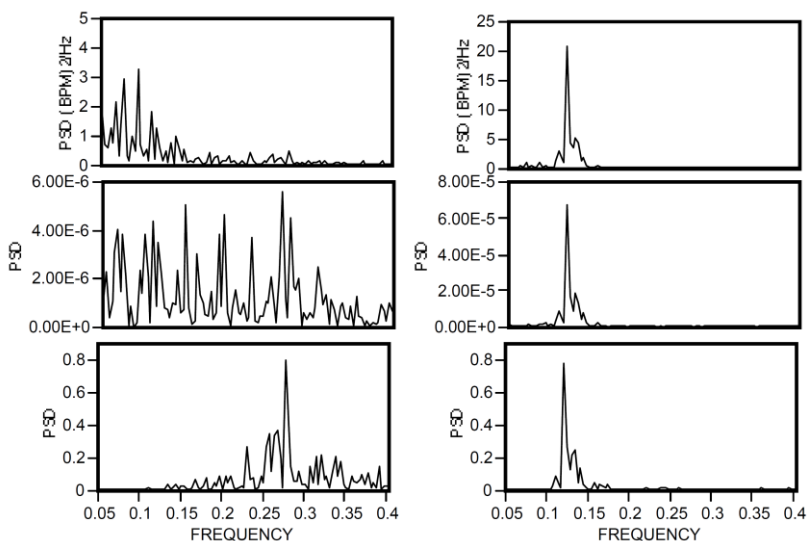
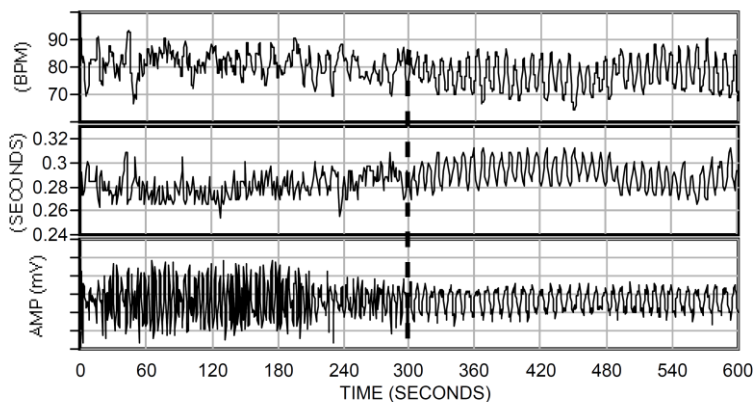


Figura 3: Representação da coerência cardíaca. Adaptado de McCraty et al., (2009) p. 25.

A figura 3 mostra a representação da coerência cardíaca. O primeiro gráfico da figura 3 mostra o batimento cardíaco na onda senoidal a direita, representado a coerência cardíaca. E o gráfico seguinte ao do batimento cardíaco mostra o pico de LF em 0.1 Hz da VFC.

Para tanto, defini-se a coerência cardíaca como o ritmo harmônico do coração e da respiração. Esse ritmo harmônico é caracterizado pelo pico de alta amplitude de LF (low frequency) e

nenhum pico em VLF (very low frequency) ou HF (high frequency) da variabilidade da frequência cardíaca. Como exemplo, meditadores podem apresentar aumento do ritmo de coerência cardíaca e experiência de emoções positivas (McCraty et al., 2009; Prinsloo, Rauch, et al., 2013).

Geralmente ocorre coerência cardíaca quando o indivíduo consegue manter seis respirações por minuto. Contudo, o ritmo respiratório exato para o treino da coerência cardíaca se diferencia conforme cada pessoa. O aumento de coerência cardíaca é associado com o aumento do tônus vagal, aumento da variabilidade da frequência cardíaca, diminuição de emoções negativas e diminuição da pressão sanguínea (Lin. et al., 2012; McCraty & Zayas, 2014; Porges, 2003; Tiller, McCraty, & Atkinson, 1996). Da mesma forma, a diminuição da amplitude da arritmia sinusal respiratória está negativamente relacionada com o estado emocional (Ginsberg et al., 2010b; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

Os hábitos diários de um indivíduo influenciam na maneira como ocorre a ação vagal sob o organismo. Como exemplo, hábitos como, uso de substâncias e a falta de exercícios físicos, se associam com a diminuição de atividade vagal. Por outro lado, algumas atividades como, por exemplo, o yoga e a meditação se associam com o aumento da atividade do nervo vago mielinizado (McCraty & Zayas, 2014; Recordati, 2003).

Os efeitos do nervo vago são especialmente percebidos em treinos de yoga e de meditação transcendental, que se relacionam com o desengajamento do ambiente externo e com o controle voluntário do fluxo respiratório (Vinay, Venkatesh, & Prakash, 2015). Técnicas de yoga e de meditação zen envolvem o treino e controle da respiração e também favorecem o aumento da amplitude da arritmia sinusal respiratória e da coerência cardíaca (frequência de ressonância cardíaca). Praticantes de yoga também podem apresentar facilidade de perceber as mudanças emocionais e corporais, já que treinam a consciência corporal e emocional nas práticas. Isso pode facilitar a influência na modulação autônoma, pois o indivíduo aprende a discriminar suas sensações (McCraty et al., 2009; Recordati, 2003).

O biofeedback cardiorrespiratório é uma técnica que auxilia o treino de 0.1 Hz de forma computadorizada e fácil de ser replicável. O biofeedback cardiorrespiratório foi baseado nas técnicas de yoga e hoje já é possível encontrar na literatura científica protocolos padronizados e testados (P. M. Lehrer et al., 2000). O biofeedback cardiorrespiratório possibilita que o indivíduo visualize em um *display* em tempo real seu

próprio comportamento cardíaco e respiratório em um dado momento o que possibilita o treino da sua própria coerência cardíaca (P. M. Lehrer et al., 2000; P. M. Lehrer et al., 2003). O foco deste trabalho de tese é na intervenção com o biofeedback cardiorrespiratório, e por isso o item 2.3 desta revisão aborda este tema.

O item a seguir da revisão de literatura apresenta de forma sintetizada o modelo Neurovisceral, que também se assemelha com a Teoria Polivagal, mas com um enfoque menor ao comportamento social e maior no desempenho cognitivo.

2.1.2 Modelo Neurovisceral

Na década de 90 intensificaram-se as investigações acerca do nervo vago e da variabilidade da frequência cardíaca para análise do funcionamento do sistema nervoso autônomo. Um exemplo de investigações sobre o nervo vago já foi apresentado nesta revisão de literatura com a Teoria Polivagal. Além do desenvolvimento de pesquisas com a Teoria Polivagal foi também desenvolvido estudos com o modelo Neurovisceral (Alderman & Olson, 2014; Friedman, 2007; Friedman & Thayer, 1998b, 1998c; Richard, Allen, Gianaros, Thayer, & Manuck, 2014; Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000, 2009).

O modelo Neurovisceral se baseia na relação entre a atividade do nervo vago e a regulação do organismo diante de respostas que envolvem funções executivas (Friedman & Thayer, 1998a; Laborde, Lautenbach, et al., 2015; Shahrestani et al., 2015; J F. Thayer et al., 2009b). As funções executivas abrangem habilidades de memória de trabalho, atenção, volição, planejamento e ação intencional para a realização de tarefas diárias e o convívio social. O funcionamento executivo se relaciona com a capacidade de controle inibitório visando a execução de ações dirigidas e com a capacidade de coping e adaptação emocional (Morris, Evans, Rao, & Garber, 2015).

O declínio ou disfunção no desempenho executivo se associa com modificações de comportamento e desorganização de processos cognitivos e emocionais. Isso pode se refletir em dificuldades em compreensão, organização, flexibilidade de mental, controle inibitório, atenção e memória de trabalho (Johnson, Lui, & Yaffe, 2007; Joseph, McGrath, & Tager-Flusberg, 2005; Morris et al., 2015; J F. Thayer et al., 2009b). Para o modelo Neurovisceral a disfunção executiva também

se relaciona com a disfunção do nervo vago, com a diminuição de atividade parassimpática (J F. Thayer et al., 2009b).

Para Laborde, Furley, and Schempp (2015) a memória de trabalho é uma função associada às funções executivas que se relaciona com o sistema nervoso autônomo. O estudo dos autores (Laborde, Furley, et al., 2015) mostrou que o aumento de HF da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) no estado de repouso pode prever o desempenho durante tarefa de memória de trabalho. Quanto maior o HF no repouso (que se relaciona a atividade parassimpática) foi relacionado ao melhor desempenho na tarefa de memória de trabalho.

A região cerebral que se associa com as funções executivas é o córtex pré-frontal (Thompson et al., 2015; Wager & Smith, 2003). O córtex pré-frontal não atua de forma isolada as demais regiões do cérebro e estabelece conexões com outras regiões corticais como: córtex occipital, parietal e temporal; bem como com estruturas subcorticais, como: o tálamo; e o sistema límbico. O córtex pré-frontal caracteriza-se por integrar os processos cognitivos e emoção subdividindo-se em: (1) córtex pré frontal lateral e (2) córtex cingulado anterior, relacionados principalmente com o desempenho em tarefas cognitivas; (3) e córtex pré-frontal ventromedial ou córtex orbitofrontal, envolvendo os fenômenos emocionais para adaptação mental (Ferrier, Bassett, & Denham, 2014; Minzenberg, Laird, Thelen, Carter, & Glahn, 2009; Morris et al., 2015; Phillips et al., 2014; Snyder, 2013). A figura 3 mostra o esquema proposto por Thayer and Lane (2009), p 84 para o Modelo Neurovisceral.

O sistema nervoso autônomo (SNA) e cardiovascular estão relacionados ao córtex cingulado anterior (CCA) por meio do córtex órbito frontal e córtex insular. A modulação simpática e parassimpática do SNA também recebe influencia do córtex cingulado anterior para a adaptação ao ambiente em estímulos emocionais e cognitivos. Ressalta-se que o córtex cingulado anterior é uma região do córtex pré-frontal medial, subdividido em córtex cingulado anterior dorsal (CCAd-responsável por mediar processos de controle inibitório, erro e acerto cognitivo) e córtex cingulado anetrior ventral (CCAv- ligado a integração da informação emocional) (Kubota et al., 2001; Matthews, Paulus, Simmons, Nelesen, & Dimsdale, 2004; Shahrestani et al., 2015; J F. Thayer et al., 2009a).

Como exemplo, a tarefa de efeito Stroop envolve estímulos congruentes e incongruentes, conflito e tomada de decisão. O córtex cingulado anterior atua como mediador neste processo na relação das

funções executivas com o sistema nervoso autônomo (SNA) para a tomada de decisão (Matthews et al., 2004; J F. Thayer et al., 2009b).

Outras tarefas com tomada de decisão além da tarefa de efeito Stroop também se associam com o córtex cingulado anterior. A tomada de decisão e a relação com o sistema nervoso autônomo (SNA) foi investigada também por Ohira et al. (2010) que relacionou principalmente o córtex cingulado anterior na regulação do sistema nervoso autônomo durante tarefas executivas. O mesmo autor sugeriu que a ativação vagal e do córtex cingulado anterior correlacionou-se com o bom desempenho em tarefas ligadas a tomada de decisão.

A pesquisa de (Teixeira, 2008) utilizou o registro da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) para a avaliação dos ramos simpático e parassimpático em processo de tomada de decisão durante uma partida de xadrez. Foram examinadas 61 jogadas calculadas com auxílio do HRV Analysis Software durante uma partida de xadrez. O autor utilizou o teste de correlação para a análise da avaliação das jogadas pelo Software Fritz, auto-avaliação das jogadas e nível de esperança experienciado no jogo. Os resultados sugeriram correlação positiva entre VFC e avaliação positiva do Software Fritz e correlação negativa entre aumento da frequência cardíaca (FC) e avaliação negativa do Software Fritz. O participante demonstrou VFC maior do que no nível de repouso, sinalizando um melhor rendimento nos jogos e eficiência na tomada de decisão. O aumento isolado da FC mostrou-se um indicador para uma tomada de decisão negativa no jogo. Com isso, infere-se que quanto maiores índices de VFC melhor performance em funções executivas e tomada de decisão. O autor considerou que os comportamentos cardíacos variam de forma constante e consistente, a ponto de, inclusive, prestar previsibilidade para tomada de decisões. Outros estudos (Kubota et al., 2001; J F. Thayer et al., 2009b) sugerem que melhores tomada de decisões se relacionam tanto as funções executivas preservadas quanto com a atividade nervo vago (atividade parassimpática).

Outra pesquisa (Lopez, 2010) investigou a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante a realização de tarefas cognitivas em adultos e idosos. Foi utilizado um delineamento transversal com 45 participantes subdivididos em três grupos: 15 adultos (31-45 anos); 15 adultos (46-60 anos); 15 idosos (61-76 anos). Foram incluídos participantes sem uso de medicamentos cardiovasculares, psiquiátricos e anti-hipertensivos; sem condições neurológicas e psiquiátricas; sem uso de fumo; e inseridos em programa de atividade física. Para o registro da VFC foi utilizado um cardiófrequencímetro para coleta de dados durante

a linha de base e nas seis tarefas cognitivas do teste computadorizado Cogstate (o cogstate envolveu tarefas como tempo de reação simples, tempo de reação de escolha, memória de trabalho, memória de curto prazo, atenção sustentada e tempo de reação simples final). Os resultados indicaram diminuição de tempo de resposta em memória de trabalho no grupo de idosos, considerando a co-variável os anos de estudo. Observou-se ainda diminuição gradativa conforme o aumento da idade nos indicadores da análise linear (SDNN e pNN50) e de Poincaré (SD1). Ocorreu diminuição destes mesmos indicadores durante tarefas executivas em idosos, sugerindo declínio parassimpático e associando-se ao modelo Neurovisceral.

Nesta perspectiva, o modelo Neurovisceral sugere que o nervo vago possui papel importante nas respostas cardíacas e cognitivas saudáveis. O nervo vago é relacionado com comportamentos meta-dirigidos, e adaptação emocional e comportamental (Richard Jennings, Allen, Gianaros, Thayer, & Manuck, 2015; Shahrestani et al., 2015). A diminuição de atividade do nervo vago pode se relacionar com a vulnerabilidade ao estresse, transtornos de humor, diminuição de desempenho cognitivo executivo, e diminuição da variabilidade da frequência cardíaca (Alderman & Olson, 2014; Friedman, 2007; Friedman & Thayer, 1998b, 1998c; Richard et al., 2014; Thayer & Friedman, 2002; Thayer & Lane, 2000, 2009). O termo variabilidade da frequência cardíaca foi em muitos momentos já citado nesta revisão de literatura, e é apresentado no próximo item desta revisão.

2.2 Variabilidade da frequência cardíaca (VFC)

O coração é um órgão que recebe influências do sistema nervoso autônomo para a manutenção da homeostase, com modificações constantes na frequência de seus batimentos. O impulso no nódulo sinusal inicia a excitação cardíaca, distribuindo a informação pelos átrios, e ocorrendo despolarização atrial (representada pela onda P). Este impulso é conduzido aos ventrículos por meio do nódulo atrioventricular, distribuído pelas fibras de Purkinje, despolarizando os ventrículos (representada pelas ondas Q, R e S - complexo QRS). A figura 4 a seguir mostra o complexo QRS (Gudmundsson, Runarsson, & Sigurdsson, 2012).

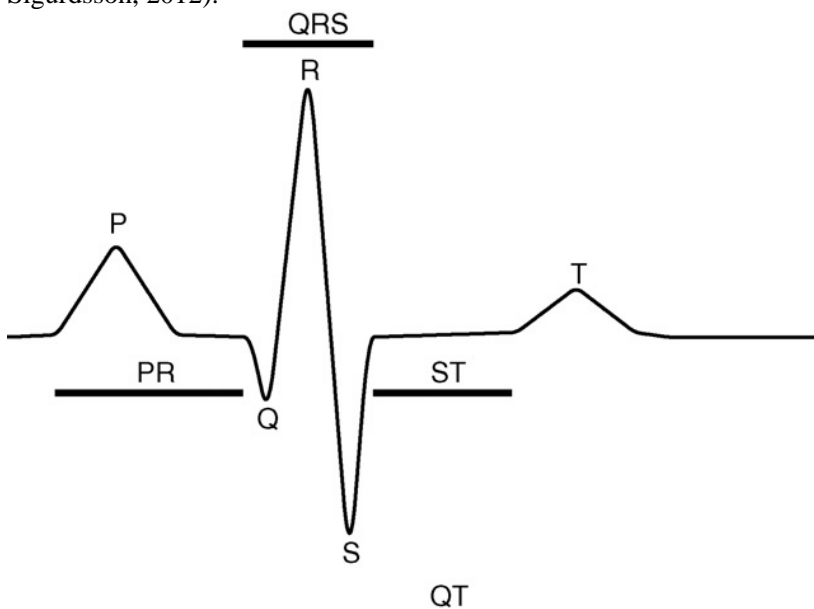


Figura 4: Complexo QRS. Adaptado de Gudmundsson et al. (2012).

A figura 4 extraída do artigo de (Gudmundsson et al., 2012) mostra o complexo QRS, em que a onda T indica a repolarização ventricular e a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é definida como as variações da duração dos intervalos R-R consecutivos. A variabilidade da frequência cardíaca possibilita investigar a atividade simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo (Berntson et al., 1997; "Heart rate variability. Standards of measurement,

physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology," 1996; Novak, Saul, & Eckberg, 1997). A figura abaixo mostra a representação dos intervalos R-R.

Portanto, os intervalos R-R em milissegundos são modulados pelo sistema nervoso autônomo (SNA), por meio dos ramos simpático e parassimpático, com flutuações temporais entre duas contrações ventriculares consecutivas (Novak et al., 1997). O objetivo de mensurar a VFC é a possibilidade de observar a adaptação da capacidade fisiológica do sistema cardiovascular, momento a momento, no cotidiano (como em atividades físicas, cognitivas, treino de controle respiratório e no sono). Por meio desta medida, é possível investigar de forma indireta e não invasiva situações que afetam o SNA (Hallman, Srinivasan, & Mathiassen, 2014; Nunan, Sandercock, & Brodie, 2010; Shahrestani et al., 2015; Stys & Stys, 1998).

A VFC apresenta correlação negativa com o progressivo aumento da idade. Aproximadamente após os 40 anos de idade, ocorre diminuição dos indicadores da VFC, caracterizando o aumento de atividade simpática e diminuição da modulação parassimpática, que representa a diminuição da ação de “freio” do nervo vago (Agelink et al., 2001; D. Liao et al., 1995; Porges, 2001; Shahrestani et al., 2015). A diminuição da VFC está também relacionada com maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular e com disfunção autônoma do organismo. Sugere-se que quanto maior a frequência cardíaca (FC) menor a VFC e quanto maior a VFC menor a FC (Hallman et al., 2014; Nunan et al., 2010; Stys & Stys, 1998).

A diminuição da VFC se relaciona também com transtornos de humor, depressão e mudanças emocionais. A diminuição da VFC se associa com estados de humor depressivo e emoções de valência negativa (Laborde, Lautenbach, et al., 2015; Shahrestani et al., 2015). O normal e esperado é que o coração responda de forma variada aos diferentes estímulos ambientais, para aumentar a capacidade de coping e de adaptação às diferentes demandas emocionais e cognitivas (Laborde, Lautenbach, et al., 2015; Richard Jennings et al., 2015). Por isso espera-se que ocorra maior variabilidade cardíaca (De Jonckheere, Rommel, Nandrino, Jeanne, & Logier, 2012; Di Simplicio et al., 2012; Nakahara, Furuya, Obata, Masuko, & Kinoshita, 2009; Patron, Messerotti Benvenuti, Favretto, Gasparotto, & Palomba, 2014).

A literatura com a VFC é crescente, e a VFC vem sendo utilizada com a investigação em humanos e animais. Como exemplo, ao colocar a palavra chave “heart rate variability” na base de dados Science

Direct na data 02/02/2015 foi possível encontrar 12.724 artigos entre os anos de 2013 à 2016 (in press). Entretanto nem todos os artigos se relacionavam com VFC, como o caso do artigo in press (Holmes, Fang, Zarate, Keidar, & Zhang, 2016). Este artigo de 2016 foi relacionado com osso da medula humana e o estudo com cabono, e o termo *heart rate variability* (VFC) foi encontrado nas referências deste artigo. Nota-se muitos destes artigos não se enquadram no tema proposto nesta tese, e não sustentam a base teórica aqui utilizada, mas é importante destacar a evidencia do crescente desenvolvimento acadêmico na área da VFC.

Por exemplo, alguns estudos que utilizaram a VFC publicados no ano de 2015 foram associados à investigação e compreensão de doenças (Akar, Kara, Latifoglu, & Bilgic, 2015; Allen, Jennings, Gianaros, Thayer, & Manuck, 2015; Caro-Moran et al., 2015; Tang et al., 2015; Valenza et al., 2015), para investigar o ciclo circadiano em trabalhos noturnos (Lee, Kim, Kim, Yum, & Son, 2015), menopausa de mulheres (James, Bovbjerg, & Hill, 2015), crianças (Chen, Tsai, Biltz, Stoffregen, & Wade, 2015; Jarrin et al., 2015), investigação de algoritmos de análise de índices da VFC (Jeppesen, Beniczky, Johansen, Sidenius, & Fuglsang-Frederiksen, 2015; Li, Wang, Li, & Liu, 2015), animais de fazenda como vaca e égua (Frondelius, Jarvenranta, Koponen, & Mononen, 2015; Kovacs et al., 2015; Schonbom et al., 2015), validação de hardware com cachorro (Essner et al., 2015), memória de trabalho (Laborde, Furley, et al., 2015), meditação (Y. H. Lee et al., 2015), yoga (Vinay et al., 2015), registro de longo prazo (24hs) com a VFC (Lewis & McNarry, 2015), tarefa de estresse (O'Donnell, Landolt, Hazi, Dragano, & Wright, 2015), estresse pós traumático (Sammito, Thielmann, Zimmermann, & Bockelmann, 2015), estresse e cortisol (van Ockenburg et al., 2015), modelo neurovisceral (Richard Jennings et al., 2015), adolescentes e relação com comportamento social (Shahrestani et al., 2015), discriminação de ruídos para homens (Sim et al., 2015). Isso é um exemplo do que vem sendo publicado no ano de 2015.

Um estudo do ano de 2015 que pode contribuir nesta tese (Laborde, Lautenbach, et al., 2015) sugeriu que o estado emocional em situações aversivas de estresse se relacionou com a VFC e com estratégias de coping. O aumento do índice HF da VFC em estado de repouso se relacionou com a melhor capacidade de coping do indivíduo em tarefas de adaptação emocional.

Outra pesquisa (Katahira, Fujimura, Matsuda, Okanoya, & Okada, 2014) mostrou como a VFC em estado de repouso pode se relacionar com efeitos emocionais de uma tarefa de tomada de decisão

com conotação emocional. Os resultados mostraram que os participantes com diminuição da VFC no repouso exibiram maior valor motivacional negativo para figuras com conotação emocional negativa e não foi encontrada relação com figura emocional positiva.

Portanto, o registro da VFC no estado de repouso é útil para relacionar e investigar estados emocionais, especialmente para relação de emoção com conotação negativa e a diminuição do índice de HF da VFC, que representa atividade parassimpática do SNA (Gaebler, Daniels, Lamke, Fydrich, & Walter, 2013). Segundo Gaebler et al. (2013) a diminuição do índice HF se associou com estado de tristeza e representa a diminuição parassimpática e de flexibilidade cardiovascular. A diminuição de HF no repouso associada a tristeza também pode se relacionar com diminuição de acurácia em uma tarefa de “*Trail Making test*” (teste de trilhas), enquanto que o aumento de HF em repouso pode se relacionar a maior velocidade na tarefa cognitiva e menos estado emocional negativo. Desta maneira, o sistema cardiovascular é um marcador indireto do sistema nervoso autônomo e possibilita relações com sistema límbico e córtex.

O item a seguir desta revisão mostra mais sobre os índices da VFC além do índice HF e discute sobre a confiabilidade destes índices.

2.2.1 Variabilidade da frequência cardíaca: confiabilidade teste re-teste

A mensuração ou medida é definida como o processo de vinculação de conceitos abstratos para indicadores empíricos. É o processo que permite que a ciência desenvolva conceitos e Teorias de forma empírica e sistematizada, com a criação de hipóteses e estratégias de como os conceitos teóricos serão mensurados. Para isso termos como confiabilidade (se a medida é replicável) e validade (se o instrumento de medida mede realmente o que se propõe) são linguagens essenciais para a Teoria da medida. A validade é essencial no processo de mensuração, pois se refere a qualidade, eficácia, e precisão do instrumento para medir o fenômeno que se pretende. Já a confiabilidade sugere que a medida deve ser precisa, consistente e fidedigna a repetidas mensurações (Cook & Beckman, 2006; Fullerton, 1993; Nelson, 1980).

A confiabilidade é uma das duas formas de quantificar reprodutibilidade. Medidas de confiabilidade referem-se à variação na variação entre os sujeitos em relação à variância total das medições. Na ausência de mudanças sistemáticas, medições repetidas do mesmo

fenômeno não devem variar muito. Portanto, nesta condição é razoável supor que a avaliação de fenômenos úteis para discriminar grupos de indivíduos devem apresentar alta confiabilidade teste re-teste (Cook & Beckman, 2006; Whitney, 1999)

Para Gudmundsson et al. (2012) em medidas fisiológicas também é possível e relevante avaliar a estabilidade de fenômenos com teste re-teste a fim de possibilitar a reprodutibilidade da avaliação em clínica e pesquisa. Desta forma, este item da revisão de literatura investiga pesquisas que mostram o teste re-teste de índices da VFC a fim de verificar a confiabilidade de índices que podem representar de forma indireta e não invasiva o sistema nervoso autônomo. O pesquisador ou clínico deve levar em consideração o quanto uma medição realizada sobre um indivíduo ou grupo pode variar quando repetido, e se esta variação é considerada adequada para a situação de pesquisa (Sandercock, Bromley, & Brodie, 2005).

Para reconhecer às possíveis situações que afetam o SNA a medida da variabilidade da frequência cardíaca deve ser confiável e as variáveis de confusão devem ser controladas. De acordo com alguns autores (Valentini & Parati, 2009; Wood, Maraj, Lee, & Reyes, 2002) as principais variáveis de confusão da VFC são: idade e sexo; peso e altura; sono; uso de medicamentos para hipertensão, doenças cardiovasculares, ansiedade e depressão (drogas psiquiátricas em geral); condições neurológicas e psiquiátricas; doença de chagas; diabetes; uso de substâncias; estado de humor e fatores emocionais; e atividade física e intelectual.

Além das características do sujeito que podem influir na variabilidade da frequência cardíaca (VFC), características da forma de registro desta medida também são importantes. O instrumento de registro da VFC e os procedimentos de coleta de dados devem apresentar critérios empíricos para que seja possível a reprodutibilidade e o controle maior dos indicadores da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Diferentes instrumentos podem registrar a VFC, como o eletrocardiograma (ECG) e o cardiófrequencímetro, que possibilitam diversos indicadores da VFC (análise linear e análise não linear) (Pitzalis et al., 1996; Sinnreich, Kark, Friedlander, Sapoznikov, & Luria, 1998).

O método de registro da VFC é realizado de forma aguda em curto espaço de tempo ou em longo período de tempo com o sistema Holter. O método de registro de longo espaço de tempo (24hs) é geralmente utilizado de forma ambulatorial com paciente clínico e favorece a análise de indicadores da VFC no que se refere ao domínio

do tempo e domínio da frequência. Por outro lado, variáveis podem não ser controladas devido a ausência do pesquisador ou clínico durante o tempo total de registro. O registro em curto espaço de tempo é indicado para a análise espectral da VFC, com a desvantagem de precisão de alguns indicadores da VFC se o registro ocorrer em tempo muito curto. Por outro lado, o registro em curto espaço de tempo pode favorecer maior controle das variáveis de confusão da VFC, já que o pesquisador ou clínico participa dos procedimentos de registro da medida (Sandercock et al., 2005).

De tal forma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com a inclusão de estudos que utilizaram registros (medições) repetidas (teste re-teste; reprodutibilidade) para investigar a confiabilidade da VFC; e estudos que apresentaram uma padronização do método no teste re-teste para controlar as variáveis de confusão da VFC que podem afetar a confiabilidade da medida. A pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados science direct na data 21/11/2011 e a última atualização foi realizada na data 2/2/2015. Ressalta-se que os procedimentos de seleção de artigos nesta base de dados foram da seguinte forma:

- As palavras utilizadas para a busca de artigos foram: *test-retest reliability and HRV*; *reproducibility and HRV*; *reproducibility and HRV measurements*; e *TITLE-ABSTR-KEY (reliability) and TITLE-ABSTR-KEY (HRV)*.
- Foram somente incluídos artigos dos anos 2007 a 2015 publicados em periódicos.
- As pesquisas selecionadas deveriam apresentar como amostra somente seres humanos.
- Foram excluídos estudos de revisão bibliográfica, estudo de caso, capítulos de livro e artigos incompletos (ou não disponíveis).
- Os estudos deveriam utilizar registros (medições) repetidas (teste re-teste; reprodutibilidade) com objetivo de avaliar a confiabilidade da VFC.
- Foram incluídos somente artigos completos que utilizaram como método o registro da VFC em curto espaço de tempo (excluídos artigos que utilizaram o holter 24hrs).
- O método dos estudos deveria ser padronizado no teste re-teste para controlar as variáveis de confusão da VFC que podem afetar a confiabilidade da medida.

Os resultados mostraram que com as palavras de busca “*test-retest reliability and HRV*” foram encontrados 123 artigos publicados em periódicos entre os anos de 2007 a 2015. Para as palavras “*reproducibility and HRV e reproducibility and HRV measurements*” foram encontrados 281 artigos publicados entre os anos de 2007 a 2015.

Estes artigos poderiam apresentar as palavras chave de busca nas referências e não no corpo do texto e como objetivo do artigo. Por isso a pesquisa com as palavras “*reliability and HRV*” com a delimitação no título ou abstract ou palavra-chave do artigo foi mais sensível a esta pesquisa bibliográfica. Para a pesquisa com palavras chave delimitada para o título, abstract ou palavra-chave foram encontrados 12 artigos publicados entre 2007 e 2015. No entanto, todos os artigos encontrados na Science Direct com a busca das palavras chave descritas acima foram examinados a fim de verificar a possibilidade de inclusão para este item da revisão.

Como os critérios de seleção de artigos proposto neste item da revisão de literatura foram bastante específicos foram somente encontrados 08 artigos que envolveram os critérios propostos. Isso possibilitou examinar somente os artigos que objetivaram investigar o teste reteste de índices da VFC em curto período de tempo. Nota-se que outros artigos mais atuais (2014 a 2015) que utilizaram a VFC foram evidenciados mas não objetivaram a investigação do teste reteste de índices da VFC. Alguns estudos objetivaram testar o hardware ou comparar o sinal da VFC em diferentes hardwares, mas não especificamente o teste reteste da VFC com o mesmo procedimento e equipamento. Portanto os resultados encontrados desta pesquisa bibliográfica são somente relacionados aos índices da VFC com teste reteste. A Tabela 1 mostra os resultados encontrados sendo descritos por: Autor e ano; Sujeitos; Método de registro da VFC; Análise para obter parâmetros de confiabilidade; Valores dos parâmetros de confiabilidade obtidos; Conclusão.

Tabela 1: Seleção de artigos (confiabilidade da VFC)

Autor e data	Sujeitos	Método de registro da medida VFC	Análise para obter parâmetros de confiabilidade	Valores de confiabilidade obtidos	Conclusão
(Tannus et al., 2013)	67 sujeitos saudáveis com idade média de 27 anos (19-39 anos de idade). Nenhum participante estava utilizando medicamento mas as mulheres estavam sob uso de contraceptivo.	- Ambiente: temperatura em 23°C. - Instrumento: eletrocardiograma - Procedimentos: os participantes foram instruídos para evitar o consumo de álcool e cafeína 8 horas antes do experimento e evitar exercício físico intenso 24 horas antes do experimento. A coleta de dados ocorreu de manhã e após os participantes permaneceram por 10 minutos na posição supina foi registrado durante 5 minutos o eletrocardiograma com a respiração natural.	Foi calculada a média de derivação da diferença, grau de liberdade, erros típicos. Foi também realizado o teste T pareado ajustado para múltiplas comparações pelo método Sidák e foi realizado o teste Altman-Bland.	Os valores da VFC obtidos foram o RR, SDNN, RMSSD, coeficiente de variação (CV), LF, HF, VLF. O RMSSD, CV, VLF, LF, HF e resposta da pressão arterial em pé mostraram acentuada variabilidade, enquanto o RR, SDNN, manobra de Valsalva, razões da expiração:inspiração e máximo:mínimo apresentaram menor variabilidade. O teste de teste não mostrou diferenças significativas mas alguns índices do sistema nervoso autônomo variaram	Não foi encontrada diferença significativa entre os dois dias avaliados. O teste com mais confiabilidade e foi a manobra de Valsalva, razões da expiração:inspiração e máximo:mínimo, RR e SDNN.

		<p>Também foi avaliada a resposta da frequência cardíaca à respiração profunda [expiração:inspiração], à manobra de Valsalva e de pé [razão máximo:mínimo] e a resposta da pressão arterial em pé. Após cada teste foi realizado um período de 1 minutos de repouso para prevenir influência de um teste e outro.</p> <p>- Teste re-teste: realizado em 2 dias com intervalo de 1 dia os mesmos procedimentos.</p>		menos intra sujeitos.	
(Nussinovitch, Cohen, Kaminer, Ilani, & Nussinovitch, 2012)	48 pacientes com diabetes mellitus com idade média de 58.4 anos,	<p>- Ambiente: não relatado pelos autores.</p> <p>- Instrumento: eletrocardiograma</p> <p>- Procedimentos: registrado o intervalo RR durante 1 minuto, 5 minutos e 10 segundos.</p>	Foi utilizado o teste de coeficiente de correlação intraclass (ICC). O ICC foi considerado bom >0.7.	Foi investigados os índices RR (mínimo, máximo e média), SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, HRV triangular index, VLF, LF, HF e potência total (<i>total power</i>). Os resultados	Os autores sugerem que os índices da VFC são estáveis mesmo quando em diferentes

	27 homens e 21 mulheres.	<p>Demais procedimentos não foram relatados pelos autores.</p> <p>- Teste re-teste: o teste re teste envolveu os mesmo procedimentos e o mesmo instrumento mas os autores alteraram a duração de registro da VFC para verificar confiabilidade em 1 minutos e em 5 minutos e em 10 segundos e 5 minutos.</p>		<p>mostraram boa correlação entre 1 minutos e 5 minutos para os índices mínimo RR (ICC 0.895), máximo RR (ICC 0.973), média do RR (ICC 0.996), SDNN (ICC 0.896), RMSSD (ICC 0.972), pNN50 (ICC 0.823) e potência total (ICC 0.900).</p> <p>Também foi encontrada boa correlação para 10 segundos e 5 minutos para os índices mínimo RR (ICC 0.867), máximo RR (ICC 0.956), média do RR (ICC 0.989) e RMSSD (ICC 0.908).</p>	durações de tempo para os pacientes com diabete mellitus.
(Gudmundsson et al., 2012)	148 pacientes com infarto do miocárdio e 52 sujeitos	<p>- Ambiente: ambiente clínico. Não descrito pelos autores.</p> <p>- Instrumento: eletrocardiograma.</p> <p>- Procedimentos: os dados</p>	A estabilidade foi mensurada com o coeficiente de correlação de Kendall's tau para RR, pNN50, stdRR, SDSD,	Os índices pNN50, stdRR, SDSD e cvRR mostraram pouca estabilidade e o RR mostrou maior estabilidade.	Os autores relacionaram a pouca estabilidade encontrada nos índices da VFC com

	saudáveis. Destes foram investigados os 103 sujeitos com várias gravações sendo 89 com infarto do miocárdio e 14 saudáveis.	foram selecionados de uma base de dados que os sujeitos foram avaliados de 1 a 7 vezes. O procedimento de registo não foi descrito. - Teste re-teste: média de 4.4 dias e com os mesmos procedimentos	cvRR.		a condição de pacientes clínicos.
(Mukherjee, Yadav, Yung, Zajdel, & Oken, 2011)	40 idosos. Foram excluídos participantes com uso de medicamentos, uso abusivo de substâncias e doenças neurológicas	- Ambiente: ambiente mal iluminado e com som atenuado. - Instrumento: eletrocardiograma - Procedimentos: a VFC foi registrada na posição sentada enquanto os participantes realizaram duas versões diferentes de tarefas de memória de trabalho (uma versão de	Coeficiente de correlação Kendall's tau (s). Avaliação visual da confiabilidade foi realizada por meio de Bland-Altman. O coeficiente de repetibilidade também foi calculado.	17 de 21 parâmetros da VFC (81%) foram significativos. Os indicadores do domínio do tempo foram os mais confiáveis. Kendall's foi de 0.74 to 0.26 para a tarefa fácil e 0.74–0.29 para a tarefa difícil. Para a análise não linear da VFC o número que foi significativamente confiável	Os autores concluíram que as medidas lineares foram os índices mais sensíveis e confiáveis para relacionar a

	as e cardiovasculares diagnósticas.	<p>tarefa fácil e uma versão de tarefa difícil). Somente os primeiros 5 minutos de cada tarefa foram utilizados para a análise da VFC. O horário de coleta de dados foi o preferido pelo participante, sendo este o mesmo para o teste re-teste. Durante toda a atividade a respiração foi espontânea.</p> <p>- Teste re-teste: o re-teste foi repetidos após uma semana.</p>	<p>foi de 8 de 13 variáveis pela estimativa de Kendall's para as tarefas de fácil a difícil. O indicador de Poincaré foi o mais confiável (tarefa fácil de 0.39 a 0.25; tarefa difícil de 0.35 a 0.29). Outra medida não linear que foi confiável foi a análise de flutuação retificada (DFA) ($s=0,36$ e $0,35$), entropia aproximada ($s=0,26$ e $0,32$) e skewness espectral (assimetria) ($s=0,28$ e valor de p 0,02 para as tarefas fácil e difícil). Para a confiabilidade absoluta a diferença das médias e coeficiente de repetibilidade foram menores para o domínio do tempo (CR-RMSSD foi 0.002 e 0.001 para</p>	<p>VFC com o desempenho cognitivo. Na medida não-linear, o indicador de Poincaré foi o mais confiável e sensível, sugerindo possível utilidade.</p>
--	-------------------------------------	---	---	---

				<p>tarefa fácil e difícil respectivamente). LF e HF foram indicadores de confiança para desempenho cognitivo (coeficiente de repetibilidade para HF transformado em log foi 0.61 e 0.5 para tarefa fácil e difícil).</p>	
(Dietrich et al., 2010)	<p>57 participantes de 10-13 anos de idade (média 11.2±0.7 anos; 30 52.6% meninos). Nenhuma criança sofria de doenças cardiovasculares,</p>	<p>- Ambiente: ambiente silencioso. - Instrumento: eletrocardiograma de três pinos. - Procedimentos: foi realizada uma linha de base de 5 minutos na posição supina. Depois a criança foi convidada a se levantar lentamente e as gravações continuaram por 5 minutos novamente após a estabilização do sinal. - Teste re-teste: os mesmos</p>	<p>A confiabilidade foi avaliada por coeficientes de correlação intraclasse (CCI), erro padrão de medida, os coeficientes de variação (CV), limites de concordância, e Bland-Altman .</p>	<p>O coeficiente de correlação da VFC (indicadores LF, HF e SDNN) foi de alto a moderado (CCI = 0,63-0,79; CV = 5,7% - 9,7%).</p>	<p>Os autores consideraram que a VFC é uma medida confiável em crianças e pode ser replicado em pesquisa.</p>

	diabetes mellitus ou anemia.	procedimentos foram seguidos após duas semanas.			
(Miyake et al., 2009)	15 estudantes do sexo masculino (18-24 anos de idade; média 21,1 anos de idade).	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente: sala com isolamento acústico e elétrico. - Instrumento: eletrocardiograma de três pinos. - Procedimento: o participante ficou em uma condição relaxada de 10 a 15 minutos para se habituar com a condição experimental. Posteriormente foi registrada a VFC durante 5 minutos de olhos abertos para linha de base; tarefa 1 (5 min, nível difícil); tarefa 2 (5 min nível médio); tarefa 3 (5 min nível fácil); linha de base final por 5 minutos com olhos abertos. - Teste re-teste: 	O teste re-teste de coeficiente de correlação foi calculado com a transformação inversa de Fisher. O nível de significância foi de 5% e o tamanho do efeito (Cohen's f) e o poder estatístico b (b ¼ 1 power) foram apropriados.	Poucos participantes mostraram correlação significativa na média de três coeficientes de correlação (dia1 vs dia2; dia2 vs dia3; e dia1 vs dia3) para os parâmetros da VFC (LF, HF e LF/HF). Somente 2 sujeitos apresentaram correlação significativa no indicador LF (0.981 p < 0.05 e 0.949 p < 0.05); o indicador HF mostrou correlação significativa em 2 sujeitos (0.925 p < 0.05; 0.915 p < 0.05); e o indicador LF/HF também indicou correlação significativa em somente dois sujeitos (0.983 p < 0.05 e 0.912 p < 0.05). Os coeficientes de	Os resultados mostraram grandes diferenças intra-individual (ou seja, teste/reteste) e inter-individual dos parâmetros da VFC.

		procedimentos foram repetidos três vezes em diferentes dias com pelo menos um dia de intervalo.		correlação significativo foram encontrados em cinco participantes. No entanto, um deles foi uma correlação positiva.	
(Koskinen et al., 2009)	43 sujeitos de 24 a 39 anos de idade. Não foram incluídos para o estudo de teste re-teste sujeitos com diabetes, com uso de medicação, em fase de gravidez e com hipertensão arterial.	<ul style="list-style-type: none"> - Ambiente: ambiente silencioso e iluminado. - Instrumento: eletrocardiograma. - Procedimentos: foi registrado durante 3 minutos a respiração controlada na frequência de 0,25 Hz, e durante um período de respiração profunda na frequência de 0,10 Hz. - Teste re-teste: ocorreu em um intervalo de tempo de 4,4 meses ($131 \pm 4,3$ dias) após a primeira medição. 	O coeficiente de confiabilidade e coeficiente de variação foram calculado pela análise de variância para obter confiabilidade teste-reteste.	A reprodutibilidade de curto - prazo dos índices da VFC foi considerada boa (coeficiente de variação CV = 5,3-11,5% e coeficiente de confiabilidade RC = 62,8-77,5%)	Os autores concluíram que a curto prazo os indicadores da VFC podem ser reproduzíveis em adultos jovens saudáveis considerando a respiração controlada durante o registro dos dados.
(Guijt,	26 sujeitos	- Ambiente: silencioso e	Foi utilizado o	A confiabilidade foi	Os autores

Sluiter, & Frings-Dresen, 2007)	<p>- 18 mulheres e 8 homens com uma idade média de 28 anos e 34 anos respectivamente. Os participantes eram considerados saudáveis.</p>	<p>iluminado no período matutino.</p> <p>- Instrumento: eletrocardiograma.</p> <p>- Procedimentos: Durante 5 minutos foi a ambientação do participante. Foi registrada a linha de base por 10 minutos na posição deitada em decúbito dorsal sobre uma. Posteriormente o participante praticou atividade em uma bicicleta ergométrica durante 15 minutos utilizando uma única carga de 50 W com uma frequência de 60/min. Para a análise da VFC foram selecionados os últimos 7 minutos dos 10 minutos de registro da posição deitada e os últimos 10 minutos dos 15 minutos de ciclismo</p> <p>- Teste re-teste: avaliados</p>	<p>coeficiente de correlação intra-classe (ICC), como uma maneira de quantificar a confiabilidade, Bland-Altman e erro padrão de medida (valores SEM). O erro de medição é representado pelo SEM. Dados foram considerados reprodutíveis se o coeficiente de correlação intra-classe (ICC) variou de 0,60 para 0,81. Se o ICC foi >0.81, a reprodutibilidade foi considerada excelentes.</p>	<p>considerada de boa a excelente para a VFC (SDNN e RMSSD) Para SDNN os valores de correlação intraclasse (ICC) foi entre 0,74 e 0,85, e para o indicador RMSSD os valores de ICC entre 0,75 e 0,98. Foi considerado o limite de 95% de concordância para ICC e valores de erro padrão de medida SEM.</p>	<p>concluíram que os indicadores da VFC (SDNN e RMSSD) são confiáveis para serem replicados em repouso e durante atividade em bicicleta ergométrica.</p>
--	---	--	--	--	--

		em dois dias com intervalo de 7 dias.		
--	--	--	--	--

Os resultados desta pesquisa bibliográfica sobre a confiabilidade da VFC indicaram a vasta publicação na área da variabilidade da frequência cardíaca (VFC). Contudo, observou-se que ao refinar os artigos envolvendo os anos de 2007 a 2011 foram encontrados poucos artigos com a análise da confiabilidade da VFC. Isso sugere a necessidade de publicação de estudos na área da avaliação da medida fisiológica, a fim de possibilitar procedimentos empíricos para atingir a confiabilidade.

Todos os 8 artigos encontrados utilizaram como instrumento de avaliação da VFC o eletrocardiograma e realizaram o mesmo método no teste re-teste. Entretanto um dos estudos (Nussinovitch et al., 2012) alterou a duração de registro dos intervalos R-R, a fim de verificar a confiabilidade de índices da VFC em diferentes durações de tempo mas com o mesmo procedimento de registro. Outro estudo (Gudmundsson et al., 2012) não mostrou todos os procedimentos utilizados já que os índices da VFC foram extraídos de uma base de dados. Foi observado que 6 artigos incluíram somente participantes considerados saudáveis para a pesquisa: sem uso de medicamento, sem uso de substâncias e ausentes de doenças diagnosticadas. Outros dois estudos como de Nussinovitch et al. (2012) e de (Gudmundsson et al., 2012) utilizaram pacientes clínicos, com diabetes mellitus e infarto do miocárdio respectivamente.

Este achado para os 6 artigos pode se relacionar com a possibilidade dos autores buscarem o controle de variáveis que confundem a medida da VFC, tal como refere Valentini and Parati (2009). Outras pesquisas (Lord et al., 2001; Piepoli et al., 1996) utilizaram como população de teste re-teste paciente clínicos com problemas cardíacos (pacientes com transplante cardíaco e mulheres hipertensas respectivamente). Ambos os estudos não mostraram confiabilidade da VFC. Este achado pode ser influenciado pela escolha de investigação de sujeitos clínicos. O estudo de (Gudmundsson et al., 2012) também não mostrou índices de confiabilidade da VFC para os pacientes clínicos. No entanto o estudo de Nussinovitch et al. (2012) mostrou resultados de confiabilidade mesmo em pacientes clínicos e para diferente duração de registro da VFC (1 minuto vs. 5 minutos; e 10 segundos vs. 5 minutos).

A idade dos sujeitos avaliados nos artigos selecionados variou desde crianças (10-13 anos de idade), adultos jovens (18- 39 anos de idade), adultos com diabetes mellitus (média de 58.4 anos de idade) e idosos. Isso possibilitou analisar a confiabilidade da medida da VFC em

diferentes estudos de diferentes faixas etárias, já que a idade é uma das variáveis que influenciam na medida da VFC.

No estudo selecionado para esta pesquisa bibliográfica realizado por Koskinen et al. (2009) foi investigada a VFC em relação a idade e sexo, sugerindo que estas características podem ser fatores que modificam a VFC. Para isso, foram selecionados 1.780 adultos jovens de 24 a 39 anos de idade, separados por sexo para o registro do domínio de tempo e domínio de frequência da VFC. O aumento da idade cronológica mostrou diminuição de atividade do nervo vago, com gradativa diminuição da VFC. As mulheres apresentaram maior HF (high frequency), que indica maior ativação parassimpática, enquanto que homens mostraram maior LF, que significa a ação do nervo simpático. Em relação aos resultados de reprodutibilidade (confiabilidade) os autores (Koskinen et al., 2009) selecionaram 43 sujeitos destes 1.780 estudos e padronizaram o método de registro da medida VFC. Os autores consideraram que os índices da VFC foram confiáveis (coeficiente de variação CV = 5,3-11,5%).

Quando o coeficiente de variação (CV) é baixo caracteriza maior reprodutibilidade. Ou seja, como exemplo, se um CV é 0,10% este é considerado como de alta reprodutibilidade; se for de 15% é considerado de reprodutibilidade moderada; e se o CV for de 0,25% a reprodutibilidade é considerada baixa (Dietrich et al., 2010).

Os outros artigos selecionados (Dietrich et al., 2010; Guijt et al., 2007; Mukherjee et al., 2011), também mostraram resultados de coeficiente de variação baixo. Contudo o estudo de Miyake et al. (2009) indicou maior parte dos resultados com grandes diferenças intra-individual (ou seja, teste/ reteste) e inter-individual dos parâmetros da VFC, o que não foi suficiente para concluir que a medida da VFC apresentou confiabilidade no estudo.

Com menção ainda a pesquisa de Koskinen et al. (2009), foi observado que o coeficiente de confiabilidade RC = 62,8-77,5% foi alto. Resultados similares foram encontrados em todos os demais artigos selecionados. Até mesmo no artigo de Miyake et al. (2009) foram verificados alguns indicadores da VFC com coeficiente de confiabilidade alto, mesmo que em poucos sujeitos. Este tipo de resultado indica que os estudos analisados apresentam alta reprodutibilidade. Conforme Mukherjee et al. (2011) se o coeficiente de confiabilidade for inferior a 40% representa reprodutibilidade baixa e se o coeficiente de confiabilidade for maior do que 75%, representa boa reprodutibilidade da medida avaliada no teste re-teste.

Nos estudos de Dietrich et al. (2010), Guijt et al. (2007) e Nussinovitch et al. (2012) foram observadas a análise ICC (coeficiente de correlação intra-classe). Este tipo de análise é realizado quando são realizados mais de dois registros para análise de confiabilidade com base em uma análise de uma forma de modelo de variância (Gudmundsson et al., 2012). Quando há apenas dois registros de medidas disponíveis para analisar a confiabilidade, coeficientes de correlação como o coeficiente de Pearson e de Spearman ou Kendall tau são frequentemente usados como observado nos artigos selecionados (Koskinen et al., 2009; Miyake et al., 2009; Mukherjee et al., 2011).

O coeficiente de correlação, seja de intra-classe ou outro, se torna +1 quando ocorre concordância perfeita e positiva entre os registros realizados, -1 quando ocorre o relacionamento perfeito e negativo entre os registros realizados, e 0 quando a correlação é fraca, com ausência de relacionamento (Gudmundsson et al., 2012).

Em específico, os indicadores da VFC que apresentaram maior confiabilidade no teste re-teste nos artigos selecionados foram:

- Análise linear do domínio do tempo: RMSSD (Guijt et al., 2007; Koskinen et al., 2009; Mukherjee et al., 2011; Nussinovitch et al., 2012), SDNN (Dietrich et al., 2010; Guijt et al., 2007; Koskinen et al., 2009; Nussinovitch et al., 2012; Tannus et al., 2013), RR (Nussinovitch et al., 2012; Tannus et al., 2013) e pNN50 (Nussinovitch et al., 2012).
- Análise linear do domínio da frequência: LF e HF (Dietrich et al., 2010; Koskinen et al., 2009; Miyake et al., 2009; Mukherjee et al., 2011), LF/HF (Koskinen et al., 2009; Miyake et al., 2009).
- Análise não linear: indicadores de Poincaré e análise de flutuação retificada (DFA) (Mukherjee et al., 2011).

Cada um destes indicadores da VFC auxiliou na compressão do sistema nervoso autônomo (SNA). Os indicadores do domínio de tempo caracterizam a atividade do SNA de maneira global, indicando índices do registro contínuo de eletrocardiograma ou cardiografômetro, que determina a dispersão da duração dos intervalos entre complexos QRS normais de despolarização sinusal (Kleiger, Stein, & Bigger, 2005; Vanderlei, Pastre, Hoshi, Carvalho, & Godoy, 2009).

O componente SDNN indica o desvio-padrão da média dos intervalos de acoplamento de todos os batimentos normais consecutivos; refere à atividade do sistema nervoso parassimpático. Outro índice do domínio do tempo, o RMSSD, representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos; refere a atividade do sistema nervoso parassimpático. O índice pNN50 é

um índice da VFC comumente utilizado e que representa a porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms, caracterizando a atividade parassimpática (Kleiger et al., 2005; Prinsloo et al., 2014).

Os índices pNN50 e RMSSD indicam diferenças entre intervalos R-R adjacentes, quantificam variações rápidas da frequência cardíaca, possibilitando a correlação com o componente de alta frequência do espectro de potência. E o índice RMSM representa o balanço simpátovagal (Ahs, Sollers, Furmark, Fredrikson, & Thayer, 2009; Kleiger et al., 2005; Vanderlei et al., 2009; Vinay et al., 2015).

A análise linear do domínio da frequência resulta da análise da densidade do espectro de potência que descreve a distribuição da densidade (variância) em função da frequência. Ou seja, a análise espectral decompõe a variabilidade total da frequência cardíaca em seus componentes causadores, apresentando-os segundo a frequência com que alteram a frequência cardíaca. A análise do domínio da frequência se caracteriza de forma quantitativa e qualitativa, individualizada e simultânea, em termos absolutos e relativos as atividades simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo (Ahs et al., 2009; Kleiger et al., 2005; Vanderlei et al., 2009).

A análise do domínio da frequência se classifica como, LF, HF e LF/HF. O índice LF representa a baixa frequência (LF= low frequency, 0.04 a 0.15Hz) é mediado pelo reflexo barorreceptor, com influências mistas do ramo simpático e parassimpático do sistema nervoso autônomo (Liang et al., 2015). O índice HF representa a alta frequência (HF= high frequency, 0.15 a 0.40Hz) e expressa a influencia da atividade parassimpática sobre o nó sinusal. O aumento deste índice em estado de repouso se associou com a adaptação do organismo a demandas emocionais e ambientais, com aumento de estratégias de coping (Laborde, Lautenbach, et al., 2015). A razão LF/HF se caracteriza como a relação entre os componentes LF e HF e representa o predomínio da atividade simpática, mas com influência da atividade parassimpática (Ahs et al., 2009; Kleiger et al., 2005; Liang et al., 2015; Lin. et al., 2014; Vanderlei et al., 2009; Vinay et al., 2015).

As medidas de domínio de tempo e frequência correspondem a métodos diferentes de avaliar o mesmo fenômeno com análises lineares da VFC (Ahs et al., 2009; Kleiger et al., 2005; Vanderlei et al., 2009). Já as análises não lineares para avaliação da VFC baseiam-se na Teoria do Caos. Este método aplica-se na interpretação, compreensão e previsão do comportamento dos fenômenos biológicos, com análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst,

dimensão fractal e o expoente de Lyapunov. Outra análise importante para investigação da VFC é a análise de Poincaré. O estudo de (Mukherjee et al., 2011) encontrou resultados de confiabilidade para o índice da análise não linear (o índice DFA) e para os índices da análise de Poincaré (SD1, SD2).

O índice DFA pode ser analisado em curto prazo (DFA: α_1) e longo prazo (DFA: α_2). Conforme o artigo do Kubios HRV Analysis Software (Tarvainen, Niskanen, Lipponen, Ranta-Aho, & Karjalainen, 2014) os índices DFA: α_1 (4-16 batimentos, α_1) e DFA: α_2 (16-64 batimentos, α_2) quantificam a presença ou a ausência de propriedade de correlação fractal dos intervalos RR e relacionam com mudanças na característica espectral do comportamento da frequência cardíaca em curto prazo e longo prazo respectivamente. Outros índices que possibilitam informações sobre o comportamento do sistema nervoso autônomo e da adaptação do organismo diante a demanda ambiental é o ApEn e o D2. Estes índices não foram encontrados nos resultados dos artigos selecionados, mas são utilizados em análises não lineares (Ahs et al., 2009; Kleiger et al., 2005; Vanderlei et al., 2009).

O ApEn mede o grau de irregularidade e complexidade de um sinal. Quanto maior é o valor da ApEn maior é a complexidade da série RR (Aktaruzzaman & Sassi, 2014). E o índice D2 representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente e pode representar a adaptação do organismo

Os índices da análise de Poincaré, o SD1 e o SD2 foram encontrados nos resultados com confiabilidade do estudo de Mukherjee et al. (2011). O índice SD1 representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do nervo vago enquanto que o SD2 representa a atividade do sistema nervoso simpático.

Desta maneira, a análise linear da VFC possibilitou indicadores do aumento ou diminuição da atividade simpática e parassimpática, enquanto a análise não-linear forneceu informações sobre a adaptação do organismo diante o ambiente, ou seja, pode sugerir a interação entre o ramo simpático e parassimpático. A análise não linear caracterizou o sistema autônomo do organismo de forma dinâmica. Estas análises favoreceram a investigação de um mesmo fenômeno, mas são utilizadas em conjunto para quantificar a complexa dinâmica do sistema nervoso autônomo (Ahs et al., 2009; Kleiger et al., 2005; J. F. Thayer et al., 2009; Vanderlei et al., 2009).

Os artigos selecionados nesta breve pesquisa bibliográfica puderam sugerir que os indicadores da VFC são confiáveis para a análise linear e análise não linear. Além disso, os índices da análise do

domínio do tempo são confiáveis para curto espaço de tempo e em pacientes clínicos com diabetes mellitus (Nussinovitch et al., 2012). Sugere-se que a investigação das medidas relacionadas à VFC são pertinentes para investigar de forma indireta a modulação autônoma. O uso da VFC em pesquisa científica possibilitou distintas formas de análise (domínio do tempo, domínio da frequência e análise não linear) de um mesmo fenômeno e pode ser útil no desenvolvimento de técnicas de intervenção que visem influenciar na modulação autônoma. Como exemplo de intervenção que pode influir na modulação autônoma, tem-se nesta tese o biofeedback cardiorrespiratório. O item a seguir desta revisão de literatura refer-se ao biofeedback cardiorrespiratório.

2.3 O biofeedback cardiorrespiratório

O biofeedback é uma técnica que se caracteriza pela interação entre os fenômenos fisiológicos e os fenômenos psicológicos e como estes são influenciados para promoção de saúde e bem-estar (Hughes, Brown, Lawlis, & Fulton, 1983; Wheat & Larkin, 2010; Wong, Mak, Luk, Evans, & Brown, 2001). O termo biofeedback significa “biorretroalimentação” e foi apresentando no ano de 1969 por Barbara Brown, durante a criação da Biofeedback Research Society nos EUA. Antes da apresentação do termo “biofeedback”, utilizava-se somente o termo “feedback” (Brown, 1969).

Conforme o condicionamento operante a técnica de intervenção do biofeedback ocorre do mesmo modo que a aprendizagem de respostas operantes somato-motora. O processo de aprendizagem do biofeedback é cognitivo, envolvendo o desenvolvimento da auto percepção e atenção para influir na modulação autônoma (Shahidi & Powell, 1988). O marcador fisiológico do biofeedback pode ser, por exemplo: temperatura periférica, resposta galvânica da pele, frequência cardíaca, variabilidade da frequência cardíaca, respiração, pressão sanguínea, dentre outros (Lehrer. et al., 2000; Nishimura et al., 2007).

Para esta tese o treino de biofeedback se baseou no marcador fisiológico da coerência cardíaca. O feedback externo apresentado aos participantes foi relacionado a coerência cardíaca momento a momento durante a sessão. Entretanto, para o biofeedback cardiorrespiratório podem também ser apresentados outros tipos de feedback, como o feedback da frequência respiratória e da frequência cardíaca, ou o feedback de índices da VFC. A escolha do tipo do feedback irá depender

do objetivo da pesquisa e da proposta de investigação. O biofeedback que visa o treino da coerência cardíaca pode ser chamado de biofeedback cardiotorrespiratório, HRV biofeedback ou biofeedback cardíaco (Lehrer. et al., 2000; McCraty et al., 2009; Prinsloo, Rauch, et al., 2013).

Ressalta-se que a coerência cardíaca é caracterizada pelo ritmo harmônico do coração com a respiração, a uma frequência próxima a 0.1Hz da VFC, que representa cerca de 6 respirações por minuto (Lehrer. et al., 2000; McCraty et al., 2009; Prinsloo, Rauch, et al., 2013). O biofeedback cardiotorrespiratório é uma técnica que se baseia na respiração abdominal (ou respiração diafragmática), com o treino da manutenção de um ritmo respiratório sincronizado (Lehrer. et al., 2000; McCraty et al., 2009; Prinsloo, Rauch, et al., 2013).

Durante o treino de biofeedback cardiotorrespiratório é possível aumentar a arritmia sinusal respiratória por meio da respiração, a uma taxa determinada (por exemplo, seis respirações por minuto), o qual reflete na coerência cardíaca. O objetivo do biofeedback cardiotorrespiratório é aumentar a coerência cardíaca durante a sessão a fim de influir no sistema nervoso autônomo. Sugere-se que a coerência cardíaca apresenta impacto sobre a modulação autônoma, com o aumento da atividade do nervo vago. Desta forma, o biofeedback cardiotorrespiratório pode ter impacto na diminuição de estresse e ansiedade e na diminuição dos estados emocionais negativos (Kranitz et al., 2002; P. M. Lehrer et al., 2003; Lehrer. et al., 2009; Lehrer. et al., 2000; McCraty et al., 2009; E. G. Vaschillo et al., 2006b).

A forma de aprendizagem do biofeedback pode se iniciar com tentativa e erro, em que o indivíduo treina a influenciar o sistema nervoso autônomo por meio da própria percepção da resposta do sinal fisiológico. Ou ainda o processo de aprendizagem do biofeedback pode ser por uma “receita”, com a orientação de um profissional quanto a estratégia que deve ser adotada para influir no sistema nervoso autônomo. Existem programas de biofeedback cardiotorrespiratório que já instruem o indivíduo a respirar em determinados ciclos respiratórios (por exemplo, inalar contando em três e exalar contando em seis), e com isso já fornece uma “receita” para aumentar a coerência cardíaca (Lehrer. et al., 2000). Para esta tese foi utilizada a forma de aprendizagem por tentativa e erro, pois o objetivo não foi avaliar um programa crônico de biofeedback, mas sim o desempenho com a manipulação de feedback do biofeedback e com a manipulação de instruções do biofeedback.

O valor prático do biofeedback é que o indivíduo aprende em pouco tempo estratégias capazes de influir no sistema nervoso autônomo, sendo capaz de reproduzi-las em situações adversas de estresse e de desafio sem auxílio de feedback externo (Lehrer. et al., 2000; Nishimura et al., 2007).

O feedback externo durante a realização do biofeedback mostra a condição fisiológica do indivíduo momento a momento na intervenção. O feedback é apresentado por um *display* computadorizado de forma visual ou sonora capaz de mostrar em tempo real o estado fisiológico do organismo sendo essencial para influir na regulação do sistema nervoso autônomo (Ahmed et al., 2011; Lehrer. et al., 2000; Nishimura et al., 2007).

O estudo P. Gayl and A. Roderick (1982) investigou o efeito do feedback dos batimentos cardíacos. Para isso os autores dividiram 60 pessoas em seis grupos sendo: (1) grupo que realizou intervenção com biofeedback visual; (2) grupo que realizou intervenção com biofeedback auditivo; (3) grupo que realizou a intervenção com biofeedback combinado (visual e auditivo); (4) grupo com instruções para diminuir a frequência cardíaca sem biofeedback; (5) grupo de pessoas que ficaram somente sentadas em silêncio; e (6) grupo que realizou relaxamento e outro que realizou meditação com meditadores experientes. Os resultados mostraram que não ocorreram diferenças para a diminuição da frequência cardíaca nos grupos com a intervenção de biofeedback (grupos 1, 2 e 3). E, além disso, todos os grupos mostraram alguma diminuição na frequência cardíaca durante a intervenção, mas o grupo de meditadores mostrou maior diminuição da frequência cardíaca.

Quanto aos efeitos do biofeedback cardiotoraxial, um estudo (Del Pozo et al., 2004) objetivou investigar os efeitos desta técnica em 61 pacientes com doença coronariana. Os participantes foram aleatoriamente designados para o tratamento com biofeedback ou grupo de controle. A intervenção com o grupo experimental durou 6 semanas sendo realizada a atividade 1 vez por semana durante 45 minutos. Adicionalmente todos os participantes foram incentivados a praticar a respiração abdominal por pelo menos 20 minutos por dia em casa. Após 6 semanas de intervenção com biofeedback no grupo experimental, os autores observaram o aumento dos indicadores do domínio do tempo da VFC, como SDNN, RMSSD e SDANN. O grupo controle mostrou uma tendência de diminuir estes mesmos indicadores da VFC. Os resultados encontrados no grupo experimental foram mantidos na avaliação de acompanhamento (na semana 18 após o programa de biofeedback). Conforme os autores, o aumento da VFC se relacionou com o aumento

da atividade parassimpática, aumento da amplitude da arritmia sinusal respiratória (ASR) e da frequência de ressonância, que se refere ao treino respiratório efetuado nas sessões. Estes resultados foram relacionados com o efeito do biofeedback cardiorrespiratório influir na modulação autônoma em pacientes com doença coronariana.

Na pesquisa de Cowan, Kogan, Burr, Hendershot, and Buchanan (1990) foi realizada a intervenção com o biofeedback cardiorrespiratório (VFC) em 6 sobrevidentes de parada cardíaca súbita. A intervenção durou 5 semanas e os participantes foram instruídos a treinar a aumentar a arritmia sinusal respiratória. Os resultados mostraram que pós-treino de biofeedback a baixa frequência (LF) diminuiu, sugerindo uma diminuição da atividade simpática. Os dados mostraram que auto gestão por meio do biofeedback foi eficaz para pacientes sobreviventes a parada cardíaca súbita.

Estas pesquisas citadas acima mostraram evidências do efeito do biofeedback cardiorrespiratório em índices da VFC que podem representar indiretamente a atividade do sistema nervoso autônomo. Contudo os participantes submetidos a intervenção eram pacientes clínicos, e o programa de biofeedback foi em efeito crônico. Além disso, para compreender outros efeitos psicofisiológicos associados a técnica de biofeedback cardiorrespiratório ressalta-se a importância de um grupo controle ativo, como um grupo placebo ou o uso da manipulação de características placebo associadas ao biofeedback. Assim, o item a seguir desta revisão de literatura aprimora a investigação acerca dos efeitos do biofeedback cardiorrespiratório nos índices da VFC por meio de uma breve pesquisa bibliográfica. Foram investigados mais estudos com o biofeedback cardiorrespiratório, visando examinar os participantes da pesquisa, o protocolo de biofeedback e o uso ou não de grupo ou manipulação placebo.

2.3.1 Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório na variabilidade da frequência cardíaca

A partir do exposto sobre biofeedback, este item da revisão de literatura visa apresentar estudos que investigaram os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório na variabilidade da frequência cardíaca. O biofeedback cardiorrespiratório é também chamado de biofeedback da

variabilidade da frequência cardíaca e biofeedback cardíaco. Então, para esta a pesquisa bibliográfica objetivou-se:

- Investigar artigos atuais que mostram os efeitos na VFC pré e pós biofeedback cardiorrespiratório;
- Caracterizar o público alvo destes artigos;
- Analisar os procedimentos de biofeedback cardiorrespiratório utilizados;
- Analisar os procedimentos de registro e análise da variabilidade da frequência cardíaca pré e pós intervenção;
- Investigar se os autores utilizaram algum grupo placebo na pesquisa.

A pesquisa bibliográfica foi realizada na base de dados PubMed na data 20/02/2012 e a última atualização na data de 2/2/2015. A PubMed abrange 21 milhões de citações na área biomédica, comportamental, química, bioengenharia e saúde em geral. As palavras de busca utilizadas na PubMed para a presente pesquisa bibliográfica foram “*biofeedback and heart rate variability*”. A pesquisa sucedeu da forma avançada, sendo que tais palavras-chave deveriam estar descritas no título e/ou abstract do manuscrito. De tal modo, a busca ficou da seguinte maneira: *biofeedback[Title/Abstract] AND heart rate variability[Title/Abstract]*. Para atender os objetivos desta pesquisa bibliográfica foram delimitados os seguintes critérios de inclusão de artigos:

- Manuscritos dos anos de 2007-2015;
- Artigos completos com humanos e somente em adultos;
- Pesquisas experimentais que utilizaram alguma intervenção com a técnica de biofeedback cardiorrespiratório (SEM a combinação com alguma outra técnica comportamental. Exemplo: biofeedback cardiorrespiratória + terapia cognitivo comportamental. Exceto se os participantes da pesquisa já estavam submetidos anteriormente a algum outro tratamento antes do biofeedback).
- O manuscrito selecionado deveria apresentar algum resultado com parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) pré e pós intervenção com biofeedback.

Ao total foram encontrado 106 artigos, sendo: 6 restritos (sem a possibilidade de acesso completo por meio da PubMed e portal CAPES/Brasil). Considerando os critérios de inclusão desta investigação bibliográfica foram analisados 12 artigos que são apresentados em forma de tabelas (Tabela 2, Tabela 3, Tabela 4) que incluem informações como: autor e data; sujeitos; grupo placebo; protocolo do biofeedback cardiorrespiratório; resultados dos parâmetros da VFC; e conclusão.

Tabela 2: Autor, sujeitos da pesquisa e grupo placebo

Autor e data	Sujeitos	Grupo placebo
(Eddie, Kim, Lehrer, Deneke, & Bates, 2014)	21 homens para o grupo com biofeedback cardiorrespiratório e 20 homens para o grupo controle. Todos os participantes já estavam inseridos em um programa de reabilitação de uso abuso de substâncias. Os participantes tinham idade de 20 a 25 anos com diagnóstico de uso de substância e para avaliações permaneceram pelo menos 72h sem utilização do álcool ou outra drogas para evitar o efeito agudo de abstinência.	Não
(Whited, Larkin, & Whited, 2014)	Completaram o experimento 27 estudantes de 18 a 30 anos de idade, considerados saudáveis, sem uso de substâncias como tabaco e sem uso de medicamentos que possam afetar a pressão sanguínea e os batimentos cardíacos (como beta bloqueadores). Os participantes foram divididos em dois grupos (grupo com biofeedback cardiorrespiratório e grupo controle).	Não
(Druschky & Druschky, 2014)	Incluídos pacientes com diabetes tipo 2 sendo 10 mulheres e 7 homens com idade de 35-89 anos.	Não
(Prinsloo, Derman, et al., 2013)	Participantes saudáveis (homens), sem doenças neurológicas, condições psiquiátricas e cardiovasculares, e sem uso de medicamentos. Os participantes tinha idade média de 34 anos.	Não
(Paul & Garg, 2012)	30 jogadores de basquete (17 homens e 13 mulheres) com idade entre 18 a 28 anos. Todos os participantes eram saudáveis. Os participantes foram divididos em 3 grupos, um com biofeedback cardiorrespiratório, outro intervenção placebo, e o grupo controle.	Sim. Os autores denominaram grupo placebo para a intervenção com vídeo motivacional, apresentada no período de 10 dias consecutivos.
(Lin et al.,	38 homens e 7 mulheres com pré hipertensão. Idade média de 22.3	Não

2012)	anos de idade. Os participantes foram distribuídos em 3 grupos: grupo biofeedback (n = 18); grupo respiração abdominal lenta (n = 15); e o grupo controle (n = 10).	
(P. Lehrer et al., 2010)	3 mulheres e 3 homens, com idade de $27 \pm 6,77$ anos participaram do experimento com biofeedback cardiorrespiratório; e 2 mulheres e 3 homens, com idade $22 \pm 3,70$ participaram do grupo controle (treinamento da respiração). Só foram incluídos os voluntários que não sofriam de doença crônica, infecção, história de álcool, drogas ou abuso de substâncias, uso de medicamentos e cirurgia ou lesão nos últimos 30 dias.	Este estudo considerou que o grupo controle foi um grupo placebo, mas se utilizou de uma técnica de respiração e não de biofeedback falso. Ou seja, a técnica de intervenção não foi igual ao controle.
(Swanson et al., 2009)	Incluídos pacientes com insuficiência cardíaca e divididos em 2 grupos: experimental (biofeedback n=15, média de idade 54 anos) e controle (placebo n=14, média de idade 56.4 anos). Os critérios de exclusão foram: participação simultânea ou dentro de 30 dias em outra pesquisa; outras complicações cardíacas além da insuficiência cardíaca. Os participantes foram também caracterizados pelo valor da fração de ejeção ventricular esquerda (LVEF) pré-tratamento. Este valores da LVEF foram estratificados em alto (50 a 35%), médio (34 a 19%) e baixo (18% 30%).	<ul style="list-style-type: none"> - Número de sessões: 6 (contudo na semana 1 e 6 foram para treino e avaliação da VFC) - Tempo das sessões: 45 minutos - Total de semanas: 6 - Frequência semanal: 1 vez por semana de forma presencial e todos os participantes foram instruídos de forma escrita a realizar a tarefa em casa por 20 minutos. - Protocolo: Todos os participantes ouviram uma música com sons da natureza durante a intervenção. Os participantes foram convidados a aumentar e diminuir alternadamente alfa e teta (ondas cerebrais). Os dados foram

		registrados por 20 minutos e dividido em 4 sessões: 1- aumento de alfa e diminuição de teta; 2- aumento de teta e diminuição de alfa; 3- aumento de alfa e diminuição de teta; e 4- aumento de teta e diminuição de alfa.
(Zucker et al., 2009)	38 participantes com idade de 18-60 anos de idade com estresse pós traumático e co-morbidade de uso de substâncias. Os participantes foram divididos em 2 grupos: 19 pessoas no grupo de biofeedback e 19 pessoas grupo de relaxamento muscular progressivo.	Não. O grupo controle realizou o relaxamento muscular progressivo por meio de um CD gravado.
(Siepmann, Aykac, Unterdorfer, Petrowski, & Mueck-Weymann, 2008)	38 sujeitos com idade média de 28 anos de idade. 12 pessoas saudáveis foram o grupo controle e 26 pessoas participaram do biofeedback (14 pessoas com depressão e 12 pessoas saudáveis). Para os participantes saudáveis foram excluídos: indivíduos com história clínica de doenças neurológicas e condições psiquiátricas; doenças cardíacas; e pressão baixa ou pressão alta crônica.	Não. O grupo controle não foi considerado placebo pelos autores mas este grupo de participantes sentaram na frente do computador sem serem orientados a realizar a respiração controlada e a maximar a VFC.
(M. K. Karavidas et al., 2007)	11 participantes com transtorno depressivo maior (idade média 45 anos sendo 4 homens e 7 mulheres). Somente 8 participantes completaram todas as 10 semanas de intervenção. Foram excluídos participantes que apresentavam outra doença psiquiátrica e/ou neurológica, comprometimento cognitivo, características no eixo I e II de depressão, doença cardíaca, pressão alta ou pressão baixa crônica e uso de substâncias.	Não
(Hassett et al., 2007)	12 mulheres com idade de 18-60 anos de idade (média 38.5 anos DP 12.5) com o diagnóstico de fibromialgia.	Não.

A tabela 2 mostra os autores das pesquisas encontradas, as características dos sujeitos e existência ou não de um grupo placebo. É possível observar que maior parte dos estudos utilizou como participantes sujeitos com condições clínicas específicas. Quanto a existência ou não de um grupo placebo é possível observar que a maioria dos artigos selecionados não utilizaram um grupo placebo, e aqueles estudos que utilizaram o grupo se relacionou a um grupo ativo de intervenção. A Tabela 3 mostra as mesmas referências das pesquisas encontradas e descreve em síntese o protocolo de biofeedback cardiorrespiratório utilizado para intervenção:

Tabela 3: Autor e protocolo de biofeedback cardiorrespiratório

Autor e data	Protocolo do biofeedback cardiorrespiratório
(Eddie et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 3 - Tempo/sessões: 60 a 75 minutos - Total de semanas: 3 - Frequência semanal: 1 vez por semana e treino de 20 minutos diário durante as 3 semanas. - Procedimento do protocolo: os participantes que realizaram o protocolo de biofeedback cardiorrespiratório já estavam inseridos em um programa de 28 dias para reabilitação de uso abuso de substâncias. O procolo de biofeedback foi realizado com o Thought Technology Infiniti hardware e software (Thought Technology Inc. SA9306M). Na sessão 1 foi realizada uma tarefa de baixa demanda cognitiva que segundos os autores facilitou o registro estável da linha de base de todos participantes. Em seguida os participantes foram apresentados ao Ez-Air Plus (Biofeedback Foundation of Europe, Montreal, QC, Canada) para o treino ritimado da respiração em aproximadamente 6 ciclos por minuto durante 5 minutos. Para encontrar a frequência de ressonância os participantes foram orientados a respirar por dois minutos cada em 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, e 7.0 respirações por minuto. A frequência de ressonância foi determinada no ritmo em que o participante teve maior aumento de ressonância cardiovascular e com isso foi orientado a treinar nesta frequência durante 5 minutos. A sessão 1 finalizou com a repitação da tarefa de baixa demanda cognitiva. Na sessão 2 os participantes foram orientados a treinar a sua própria frequência de ressonância que já foi treinada na sessão 1 por meio do Ez-Air, e em seguida realizaram o treino com o biofeedback. Na sessão 3 foi realizado os mesmo procedimentos da sessão 2 mas com a inclusão da avaliação pré e pós com o teste de baixa demanda cognitiva na linha de base. Os participantes também foram instruídos a realizarem todos os dias o treino de biofeedback com duração de 20 minutos e com o software EmWave (HeartMath Institute, Boulder Creek, CA, USA). O total do monitoramento fisiológico e do treinamento respiratório foi de 3.5horas por sessão. Este protocolo foi baseado no estudo de Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo, (2000) mas de forma reduzida e sintetizada.
(Whited et al., 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 4 a 8 sessões dependendo de cada participante. - Tempo/sessões: 32 minutos.

	<ul style="list-style-type: none"> - Total de semanas: entre o início e o final das sessões variou de 28 a 84 dias. - Frequência semanal: 1 vez aproximadamente. - Procedimento do protocolo: Foi registrada a linha de base sendo analisado os últimos 5 minutos. Em seguida os participantes realizaram uma tarefa relacionada com a ativação de estresse, por meio de estímulos aritméticos. A tarefa durou 5 minutos e após esta tarefa os participantes realizaram o biofeedback cardiorrespiratório. O protocolo se baseou no software emWave PC Stress Relief System (HeartMath, LLC, Boulder, Colorado). A primeira sessão consistiu na explicação e familiarização da técnica de biofeedback com treino para aumento da coerência cardíaca. As sessões seguintes foram instruídas para o aumento da coerência cardíaca por meio do treino da respiração abdominal lenta e suave e com a aprendizagem do feedback. O protocolo foi baseado no guia do emWave Software. Ao final do programa de intervenção foi realizada novamente a avaliação com a tarefa aritmética.
(Druschky & Druschky, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 3 vezes por dia durante 5 minutos. - Tempo/sessões: 5 minutos. - Total de semanas: 8 semanas - Frequência semanal: todos os dias. - Procedimento do protocolo: Os participantes receberam um equipamento portátil (chamado de <i>Qui</i>) para realizar o treino de biofeedback cardiorrespiratório. Os índices da VFC foram investigados antes de iniciar o programa de biofeedback, na quarta semana e na última semana. O protocolo para realização do biofeedback se baseou no treino da respiração controlada e abdominal mas os autores não descreveram detalhes das orientações fornecidas aos participantes.
(Prinsloo, Derman, et al., 2013)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 1 - Tempo/sessões: 10 minutos - Total de semanas: - - Frequência semanal: - - Procedimento do protocolo: Primeiramente os participantes se familiarizaram com o biofeedback cardiorrespiratório, com a apresentação e explicação da técnica. A sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi

	realizada com o equipamento StressEraser™, Helicor, USA e consistiu no treino da respiração abdominal suave e lenta, a fim de aumentar a coerência cardíaca com a visualização e aprendizagem do feedback. Antes e após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi registrado o estado de repouso e os participantes responderam a uma tarefa de efeito Stroop. O grupo controle sem o biofeedback cardiorrespiratório também respondeu a estas tarefas cognitivas.
(Paul & Garg, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 10. - Tempo/sessões: 20 minutos. - Total de semanas: 10 dias consecutivos. - Frequência semanal: 10 dias consecutivos. - Procedimento do protocolo: na primeira sessão foi realizada a respiração abdominal por 2 minutos em cada frequência 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 para encontrar a máxima coerência cardíaca. Posteriormente os participantes foram instruídos a respirar à taxa indicada pelo estímulo (pacer) em que atingiram a máxima coerência cardíaca. Nas sessões seguintes foi realizado o biofeedback para a variabilidade da frequência cardíaca, e os participantes foram instruídos a respirar e aumentar a coerência cardíaca por meio do treino respiratório.
(Lin et al., 2012)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 10 - Tempo/sessões: 20 minutos - Total de semanas: 5 - Frequência semanal: 2 vezes por semana e instrução para realizar a técnica de respiração duas vezes por dia durante 20 minutos. - Procedimento do protocolo: na primeira sessão foi realizada a respiração abdominal por 2 minutos como forma de treino. Posteriormente os participantes foram instruídos a respirar à taxa indicada pelo estímulo (pacer). Nas sessões seguintes foi realizado o biofeedback para a variabilidade da frequência cardíaca, e os participantes foram instruídos a respirar e diminuir a frequência cardíaca com o objetivo de aumentar a amplitude da VFC. Os participantes foram exibidos à uma análise de espectro cardíaco dentro da banda de 0,005-0,4 Hz. O <i>display</i> era atualizado a cada segundo.
(P. Lehrer et	- No. Sessões: 4

al., 2010)

- Tempo/sessões: 1 hora
- Total de semanas: 2 semanas.
- Frequência semanal: os participantes foram incentivados a realizar a respiração controlada 2 vezes por dia durante 20 minutos. O encontro presencial foi na semana anterior a administração da substância (LPS lipopolissacarídeo endotoxina) e durante o período de internação após a administração da substância.
- Procedimento do protocolo: As duas primeiras sessões foram em dois dias diferentes durante a semana prévia ao uso da LPS (lipopolissacarídeo endotoxina). No final da primeira sessão de treino os participantes foram instruídos a baixar o programa EZ Air para praticar a respiração duas vezes por dia durante 20 minutos, mas isso não foi controlado. A terceira sessão de treino foi no hospital na noite de entrada, e a quarta sessão foi após a exposição ao LPS (lipopolissacarídeo endotoxina). Conforme os autores foi utilizado o protocolo de Lehrer (2007), em que instruiu os participantes a respirar a frequência de ressonância. Na primeira sessão de treinamento os participantes foram instruídos a respirar por dois minutos cada em 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, e 7.0 respirações por minuto. A cada segundo foi calculada a análise de Fourier da VFC durante o período de 1 min, e a amplitude do pico espectral LF foi calculada para cada frequência de respiração. Em sessões posteriores de treinamento os participantes usaram a exibição instantânea do cardiômetro para orientar a respiração e maximizar a amplitude da arritmia sinusal respiratória. O procedimento de biofeedback e controle foram realizados apenas até a quinta hora após o LPS.

(Swanson et al., 2009)

- No. Sessões: 6
- Tempo/sessões: 45 minutos
- Total de semanas: 6
- Frequência semanal: 1 vez por semana de forma presencial. Todos os participantes foram instruídos de forma escrita a realizar a respiração abdominal em casa por 20 minutos.
- Procedimento do protocolo: de acordo com os autores o biofeedback foi baseado no protocolo de Lehrer et al. (2000). Todos os participantes ouviram uma música com sons da natureza durante a intervenção. Na semana 1 e 2 o treino com o biofeedback ocorreu após o registro da VFC. As sessões enfatizaram a respiração abdominal com feedback cardíaco e respiratório simultâneo no monitor do computador. Os participantes foram orientados a

respirar o seu pico de arritmia sinusal respiratória máxima para treinar a coerência cardíaca (frequência de ressonância). Para realizar a respiração abdominal em casa os participantes com computador em casa receberam o Freeze-Framer (Institute of HeartMath, LLC, Boulder Creek, CA) que consiti em um software de monitoramento fisiológico que mostra *displays* visuais e sonoros no ritmo do coração. O ritmo cardíaco foi mensurado por meio de um sensor no pulso que se conceta ao USB do computador. Os estímulos auditivos serviram para que o participante recebesse em casa reforço na atividade de respiração.

(Zucker et al., 2009)

- No. Sessões:4
- Tempo/ sessões: 30 minutos
- Total de semanas:4
- Frequência semanal: 1 vez por semana de forma presencial. Além disso, os participantes foram instruídos a realizar a atividade de respiração controlada diariamente por 20 minutos em casa.
- Procedimento do protocolo: As sessões foram divididas em três períodos consecutivos: (1) linha de base com 5 minutos de relaxamento enquanto os participantes ouviam uma gravação de áudio; (2) 10 minutos de estímulo com o “pacer” para auxiliar na respiração controlada; e (3) linha de base final, sendo o mesmo procedimento e tempo do período (1). Durante o período (2) os participantes foram orientados a olhar para o estímulo do pacer na tela do computador e realizar 6 respirações por minuto. Segundo os autores o protocolo de biofeedback foi baseado no estudo de Lehrer et al. (2000).

(Siepmann et al., 2008)

- No. Sessões: 6
- Tempo/sessões: 25 minutos
- Total de semanas:2
- Frequência semanal: 3 vezes por semana de forma presencial.
- Procedimento do protocolo: Foi utilizado o sistema de biofeedback StressballTM, BioSign, Ottenhofen, Germany. Este método esta descrito segundo os autores nos trabalhos de Mu`ck-Weymann et al.(1996) e Mu`ck-Weymann, Beise (2005). Primeiramente os participantes foram orientados a respirar na sua máxima frequência de ressonância. Nesta etapa foi visualizado pelos participantes um estímulo (pacer: um balão que sobia e descia na tela do computador no ritmo respiratório). Também aparecia na tela do computador um *display* com o feedback

	simultâneo da frequência cardíaca e da VFC. Os participantes submetidos ao biofeedback foram instruídos a respirar na frequência de 6 respirações (ciclos) por minuto.
(M. K. Karavidas et al., 2007)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 10 - Tempo/ sessões: 30 minutos - Total de semanas: 10 - Frequência semanal: 1 vez por semana e todos os participantes foram instruídos a praticar a respiração em casa. - Procedimento do protocolo: Conforme os autores o protocolo de biofeedback foi baseado no estudo de Lehrer, Vaschillo, & Vaschillo, (2000). O treino consistiu primeiramente (sessão 1) em encontrar a frequência de ressonância com respirações de 2 minutos em cada uma das frequências: 6.5, 6.0, 5.5, 5.0, e 4.5 respirações/min. Neste momento foi utilizado um estímulo “pacer” (uma luz se movia para cima e para baixo conforme a respiração). Durante todas as sessões o software de biofeedback apresentou na tela do computador a curva de respiração, frequência cardíaca e análise de Fourier a cada segundo como forma de feedback aos participantes. Na segunda sessão os participantes eram instruídos a realizar a respiração lenta e abdominal para aumentar a frequência de ressonância e a VFC. Além disso, apareceu na tela do computador uma análise de frequência cardíaca na banda de 0.005–0.4 Hz. Na terceira sessão os participantes realizaram a respiração controlada com o EZ-air (Thought Technology, Montreal, Canada) para auxiliar na estabilidade e consistência da respiração em casa. Todas as sessões os participantes buscavam encontrar a frequência de ressonância e aumento de VFC.
(Hassett et al., 2007)	<ul style="list-style-type: none"> - No. Sessões: 10 - Tempo/sessões: 20 minutos - Total de semanas: 10 - Frequência semanal: 1 vez por semana. Foi orientado aos participantes para realizar a respiração controlada duas vezes por dia em casa. - Procedimento do protocolo: o protocolo foi baseado na estudo de Lehrer, Vaschillo and Vaschillo (2000). Na primeira sessão os participantes foram orientados a respirar por 2 minutos em cada uma das 5 frequências respiratórias: 6.5, 6.0, 5.5, 5.0, e 4.5 respirações por minuto respectivamente; a fim de encontrar a própria frequência de

ressonância. Nesta sessão foi também apresentado o estímulo visual com o *pacer* (*display* de luz na tela do computador que se movia para cima e para baixo conforme a respiração). Em seguida o participante foi orientado a respirar sua maior frequência de ressonância para aumentar a VFC. Na segunda sessão e sessões seguintes os participantes foram instruídos a aumentar a amplitude da VFC. O feedback era simultâneo e aparecia um *display* a cada segundo com o resultado da VFC e respiração. Na mesma sessão foi instruído aos participantes para realizar o “pursed lips abdominal” - técnica que instrui os participantes a aumentar o pico de potência espectral que ocorre a uma frequência de ressonância (coerência cardíaca). Para a prática em casa foi utilizado o (Cardiosignalizer CS-03 by Biosvyaz, St. Petersburg, Russia).

A Tabela 3 apresentou o protocolo de intervenção da técnica de biofeedback cardiorrespiratório utilizado pelos autores das pesquisas selecionadas. O protocolo é brevemente descrito conforme os respectivos autores. O que foi observado é que maior parte das pesquisas utilizaram protocolos similares de biofeedback e todos objetivaram o treino da frequência de ressonância, também chamada de coerência cardíaca. Em continuidade a Tabela 4 mostra os resultados destas análises estatísticas e a conclusão dos próprios autores quanto aos resultados:

Tabela 4: Autor, resultados da VFC pré e pós intervenção e conclusão

Autor e data	Resultados: VFC pré e pós intervenção	Conclusão da VFC para os autores?
(Eddie et al., 2014)	O grupo com biofeedback foi comparado ao grupo sem biofeedback e não foram observadas diferenças significativas nos índices da VFC (HR, pNN50, SDNN, RMSSD, HF, LF, VLF, respiração) para o pré teste da linha de base. Mas foi observado aumento do SDNN e diminuição do LF entre a linha de base do pré e do pós teste para os participantes que realizaram biofeedback.	Os autores sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório tem potencial para aumentar o SDNN e diminuir LF na linha de base pós teste. Contudo não foi suficiente para produzir diferenças significativas entre grupos nos índices da VFC.
(Whited et al., 2014)	Foi observado aumento dos índices pNN50, SDNN, RMSSD e LF na avaliação pós biofeedback cardiorrespiratório durante a tarefa relacionada com estresse (tarefa com aritmética).	Os autores sugeriram que o treino com o software emWave pode auxiliar no aumento parassimpático durante tarefa de estresse pós biofeedback cardiorrespiratório.
(Druschky & Druschky, 2014)	Foram analisados os índices da VFC (RR, HR, pNN50, RMSSD, SD1, SD2, SDNN, CV of RR, CV of HR, LF, HF, LF/HF) em 15 dos 17 pacientes. Não foram encontradas diferenças significativas entre o início e o final do biofeedback cardiorrespiratório. Foram encontrados efeitos significativos somente para 4 pacientes com diabetes tipo 2 durante as sessões (para índices relacionados a atividade parassimpática).	Mesmo com poucos índices significativos os autores sugerem que a técnica de intervenção foi eficiente para pacientes com diabetes tipo 2.

(Prinsloo, Derman, et al., 2013)	Os resultados do repouso antes e após o biofeedback cardiorrespiratório mostraram que o repouso pós sessão não alterou os índices da VFC exceto para diminuição de RMSSD. Contudo a avaliação dos índices da VFC pré e pós biofeedback com a tarefa de efeito Stroop mostrou que pós sessão com biofeedback diminuiu LF, e aumentou RMSSD durante o efeito stroop.	O biofeedback cardiorrespiratório pode estar associado com o desempenho em tarefa cognitiva com efeito Stroop com aumento parassimpático nesta tarefa.
(Paul & Garg, 2012)	A avaliação pós programa de biofeedback e a avaliação 1 mês após o final do programa de biofeedback mostrou que os índices total HRV, HF e LF aumentaram e a frequência respiratória diminuiu para o grupo que realizou biofeedback cardiorrespiratório.	O índices da VFC sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório pode facilitar a modulação simpática do SNA.
(Lin et al., 2012)	Os indicadores da VFC (SDNN, TP, RMSSD, pNN50, VLF, LF e HF) aumentaram significativamente ($P < 0,01$) após 5 semanas de intervenção de biofeedback. Ocorreu aumento de logSDNN $1,61 \pm 0,11$ para $1,75 \pm 0,05$ ms, e logTP $8,07 \pm 0,54$ para $9,08 \pm 0,41$ ms2, $p < 0,01$. Este efeitos mantiveram-se após os 3 meses no re-teste.	O biofeedback cardiorrespiratório pode auxiliar no aumento de indicadores da VFC em pacientes com pré-hipertensão.
(P. Lehrer et al., 2010)	O biofeedback aumentou a VFC nos pacientes submetidos a indução por LPS. Durante a intervenção 1, 2 e 3 de biofeedback aumentou o indicador LF da VFC mas o HF não aumentou significativamente. Diminuiu o SDNN, LF e o pico da arritmia sinusal respiratória até 3 e 4 horas após a indução de LPS.	A intervenção com o biofeedback cardiorrespiratório aumentou a VFC nos pacientes que foram submetidos aos LPS, o que sugere que auxilia em casos de processo de inflamação.

(Swanson et al., 2009)	<p>Em nenhum grupo teve diferença significativa na unidade normalizada de LF mas foi evidenciado um grande efeito no grupo experimental ($d=1.79$) entre a primeira sessão de biofeedback e a 5ª. sessão.</p> <p>De forma geral, não foi encontrada diferença significativa para SDNN ($p=0.09$) entre a primeira avaliação e a avaliação de acompanhamento (semana 18). Os participantes caracterizados como baixo LVEF (menor que 30%) o SDNN e pNN50 aumentaram mais no grupo controle do que no grupo experimental com biofeedback (comparação semana 1 e semana 18). E os participantes com LVEF alto (maior que 31%) mostraram aumentos de SDNN e pNN50 mais para o grupo experimental (biofeedback) do que para o grupo controle (comparação semana 1 e semana 18). A comparação entre grupo x categoria LVEF x tempo não mostrou interação para pNN50 $F(2, 50) = 3,459$, $p = 0,036$, $\eta^2 = 0,122$, e para SDNN, $F(2, 50) = 2,771$, $p = 0,090$.</p>	<p>O biofeedback (grupo experimental) mostrou melhores efeitos em pacientes com insuficiência cardíaca caracterizados pelo valor da fração de ejeção ventricular esquerda (LVEF) acima de 31% mas não foi significativo. A intervenção com biofeedback foi limitada no que se refere ao aumento da VFC para pacientes com insuficiência cardíaca em estágio avançado.</p>
(Zucker et al., 2009)	<p>O grupo de biofeedback aumentou o indicador SDNN da VFC. Ocorreu efeito de interação significativa para grupo x tempo para SDNN na linha de base (período 1) $F(1, 33) = 5.81$, $p .02$. O grupo que realizou biofeedback aumentou significativamente SDNN na linha de base $t(15) = -2.4$, $p = .03$. Durante a avaliação de linha de base final (pós intervenção/ 5 minutos) foi observado um efeito significativo do SDNN intra grupo $F(1, 15) = 8.14$, $p.02$. Não foi encontrada diferença significativa de SDNN durante os 10 minutos de estímulo com o “pacer” (período 2)</p>	<p>Os autores sugerem a eficácia do biofeedback para pacientes com estresse pós traumático e co-morbidade de uso de substâncias. Segundo os autores foi evidenciado aumento de SDNN ao comparar pré e pós intervenção.</p>
(Siepmann et al., 2008)	<p>Frequência cardíaca dos pacientes com depressão diminuiu logo após a conclusão do biofeedback e também 2 semanas após ($F=17.7$, $p<0.0001$). Ocorreu</p>	<p>O biofeedback se mostrou eficaz no aumento da VFC</p>

	<p>aumento de pNN50 durante a respiração controlada após o programa de biofeedback no grupo de pacientes com depressão ($F=7.1$ e $p<0.01$). HF, LF, VLF e LF/HF não apresentaram diferenças da avaliação pré e pós biofeedback. No grupo de participantes saudáveis que realizaram biofeedback não foram encontradas diferenças na VFC após o biofeedback (isso também ocorreu no grupo controle).</p>	em pacientes com depressão.
(M. K. Karavidas et al., 2007)	<p>Foram significativamente diferentes de sessão para sessão SDNN, pNN50, HF, LF quando os participantes ajustaram a respiração durante o biofeedback (SDNN $p=0.0063$; pNN50 $p=0.0115$; HF $p=0.0168$; LF $p=0.0195$). Não foi significativa a interação entre sessão x tarefas ($p>0.10$). O efeito crônico do biofeedback com controle da respiração e sem controle da respiração na VFC ($p<0.01$) foi da seguinte forma: SDNN aumentou significativamente da sessão 1 para sessão 4 e para sessão 7; LF aumentou significativamente da sessão 1 a 4; FC diminuiu significativamente da sessão 1 para a sessão 7. Nenhuma sessão diferiu da sessão 1 para o pNN50 ($\alpha = 0.05/3 = 0.017$). O SDNN diminuiu para níveis basais no final do tratamento e na última avaliação da VFC. O efeito agudo do biofeedback na VFC foi: as etapas (2) 5 minutos antes do biofeedback; (3) 5 minutos finais do biofeedback e (4) pós treino durante 5 minutos de “descanso” – apresentaram SDNN e LF significativamente maior do que na etapa (1) 5 minutos em período de repouso pré teste ($p<0.0001$). O pNN50 aumentou significativamente nas etapas 2 e 3 em comparação a etapa 1 ($p=0.0029$).</p>	O biofeedback foi uma intervenção que contribuiu na melhora aguda da VFC em pacientes com transtorno depressivo maior.
(Hassett et al., 2007)	<p>Somente foi encontrada diferença significativa da VFC durante as sessões de biofeedback (HR $p=.0002$, $p=.0022$), HR e LF ($<.0001$, $.0005$). Comparando a primeira e última sessão e a primeira sessão e após 3 meses não foram encontradas diferenças na VFC ($p>0.01$)</p>	O biofeedback VFC (cardiorrespiratório) é eficaz para a fibromialgia, mas o aumento dos valores da VFC foram somente imediatos

(durante a técnica).

A Tabela 4 mostrou que nem todos os manuscritos encontrados mostraram resultados significativos e conclusões positivas quanto aos efeitos crônicos do biofeedback cardiorrespiratório na VFC.

O tipo de técnica de biofeedback cardiorrespiratório foi investigado por meio desta pesquisa bibliográfica a fim de verificar os efeitos sobre a VFC em efeito agudo (após biofeedback). Além disso, esta investigação bibliográfica buscou compreender os procedimentos adotados para as pesquisas com biofeedback cardiorrespiratório.

No que se referem aos sujeitos investigados nos artigos encontrados, os estudos (P. Lehrer et al., 2010; Paul & Garg, 2012; Prinsloo, Derman, et al., 2013; Whited et al., 2014) utilizaram pacientes saudáveis, sendo o restante dos estudos com pacientes clínicos: pacientes com dependência a substâncias (Eddie et al., 2014); pacientes com diabetes tipo 2 (Druschky & Druschky, 2014); pré hipertensão (Lin et al., 2012); insuficiência cardíaca (Swanson et al., 2009); estresse pós traumático (Zucker et al., 2009); depressão (M. K. Karavidas et al., 2007; Siepmann et al., 2008); e fibromialgia (Hassett et al., 2007). Nota-se que poucas pesquisas investigaram adultos saudáveis (P. Lehrer et al., 2010; Paul & Garg, 2012; Prinsloo, Derman, et al., 2013; Whited et al., 2014) mas ainda pouco se discute sobre os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório na VFC em adultos jovens saudáveis em diferentes manipulações experimentais. Pelo fato de sujeitos com algum problema clínico possivelmente apresentar disfunção autônoma o impacto de intervenções que auxiliem no relaxamento e que influenciem na modulação autônoma sejam maiores. O biofeedback cardiorrespiratório apresentou impacto menor nos índices da VFC e assim, na modulação autônoma, em sujeitos sem algum tipo de transtorno ou doença.

Todos os adultos incluídos nos estudos selecionados nesta pesquisa bibliográfica foram convidados a abster-se de cafeína, álcool, e exercício vigoroso durante 4 horas (ou mais) antes de cada coleta de dados. Além disso, os participantes foram instruídos a tomar todos os medicamentos como é habitual. Este procedimento foi relevante para o controle de variáveis dos estudos. Conforme Valentini and Parati (2009) diversos fatores influenciam no comportamento cardíaco, como hábitos e características individuais do sujeito. É relevante levar em consideração estas variáveis de confusão a fim de possibilitar uma análise consistente e fidedigna.

A maioria dos estudos encontrados nesta pesquisa bibliográfica se basearam no protocolo de (Lehrer. et al., 2000), mas com alguma adaptação em procedimentos, como por exemplo: Eddie et al. (2014) reduziu o protocolo para 3 sessões; nos estudo de Lin et al. (2012), Hassett et al. (2007) e Paul and Garg (2012) o tempo de duração das sessões foi de 20 minutos; na pesquisa de P. Lehrer et al. (2010) o tempo total da sessão foi de 1 hora; o estudo de Swanson et al. (2009)

realizou 45 minutos de intervenção; Zucker et al. (2009) e M. K. Karavidas et al. (2007) realizaram a intervenção com sessões de 30 minutos; e Siepman et al. (2008) realizou a intervenção por 25 minutos. Comum a maioria dos estudos, os protocolos incluíram a orientação ao participante para que realizasse em casa, duas vezes por dia, a técnica de respiração durante 20 minutos. O número de sessões envolveu de 4 a 10 sessões e todas as intervenções de biofeedback cardiorrespiratório abrangeram a técnica de respiração abdominal, o estímulo do pacer, o treino de aumento da VFC e da frequência de ressonância (coerência cardíaca).

Contudo um estudo (Whited et al., 2014) não se baseou no protocolo de (Lehrer. et al., 2000) mas se baseou no guia do Software emWave PC Stress Relief System (HeartMath, LLC, Boulder, Colorado). Os estudos (Druschky & Druschky, 2014; Prinsloo, Derman, et al., 2013) também se basearam em outros protocolos, de efeito crônico e duração de 5 minutos 3 vezes por dia, e outro de efeito agudo com duração de 10 minutos, respectivamente. No entanto estes estudos também objetivaram o aumento da coerência cardíaca por meio do treino respiratório.

A frequência de ressonância, também chamada de coerência cardíaca ocorre entre 0.075–0.12 Hz, mas cada indivíduo apresenta uma caracetrística de ressonância particular. Em média a ressonância é de 0.092 Hz, que representa 5.5 respirações por minuto (Hassett et al., 2007; Lehrer. et al., 2009; McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014).

Nas técnicas de biofeedback os participantes foram instruídos a respirar 6 respirações por minuto e treinar a frequência de ressonância e a arritmia sinusal respiratória para aumentar os indicadores da VFC. A amplitude da arritmia sinusal respiratória é estudada com o indicador LF da VFC, e sugere-se a influência pelo nervo vago. O nervo vago responde ao estresse e a doenças e é responsável por regular o output cardíaco. De tal modo, sugere-se que a respiração controlada e assim o aumento da arritmia sinusal respiratória regulou o sistema nervoso autônomo e aumentou a VFC (Lehrer. et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014; Swanson et al., 2009).

Todos os estudos utilizaram como instrumento o eletrocardiograma para a avaliação da VFC pré e pós intervenção, exceto um estudo (Whited et al., 2014) que utilizou o cardiofrequêncímetro Polar (Lake Success, New York) RS800CX. Maior parte dos estudos selecionados não utilizaram manipulação placebo (Eddie et al., 2014; Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al.,

2007; Lin et al., 2012; Prinsloo, Derman, et al., 2013; Siepmann et al., 2008; Whited et al., 2014; Zucker et al., 2009).

Alguns estudos encontrados nesta pesquisa bibliográfica remeteram a denominação placebo (P. Lehrer et al., 2010; Paul & Garg, 2012; Swanson et al., 2009). O estudo de P. Lehrer et al. (2010) considerou o grupo controle como um grupo placebo, mas se caracterizou como um grupo ativo, pois utilizou de uma técnica de respiração e não de biofeedback com feedback falso como a presente tese. Segundo Rocha, Del Prette, and Del Prette (2008) a intervenção placebo deve ser a mesma da intervenção experimental. Isso porque facilita a distinção entre a técnica real e a mesma técnica mas com estímulo falso, sem descaracterizar a técnica de intervenção.

O estudo de Swanson et al. (2009) considerou o grupo experimental com a intervenção de biofeedback cardiorrespiratório com base no protocolo de P. M. Lehrer et al. (2004) e o grupo controle como um grupo placebo. No grupo placebo todos os participantes ouviram uma música com sons da natureza durante a intervenção, caracterizando-se como um grupo ativo. O grupo placebo realizou um biofeedback falso de alfa-theta do eletroencefalograma (EEG). Os participantes foram convidados a aumentar e diminuir alternadamente alfa e teta (ondas cerebrais). Para isso, os participantes foram instruídos a fechar os olhos sem adormecer e foi explicado que as ondas alfa se associam com estado de relaxamento alerta e consciente e as ondas teta com profundo estado de relaxamento. Os dados foram registrados por 20 minutos e dividido em 4 sessões: 1- aumento de alfa e diminuição de teta; 2- aumento de teta e diminuição de alfa; 3- aumento de alfa e diminuição de teta; e 4- aumento de teta e diminuição de alfa. Diferentes estímulos auditivos foram utilizados para indicar quando o participante atingisse o estado cerebral correspondente a sessão (estímulo auditivo quando 30% abaixo do limiar e acima do limiar nas determinadas sessões).

Os resultados encontrados por Swanson et al. (2009) mostraram que o grupo de participantes que realizaram a atividade de biofeedback cardiorrespiratório apresentou poucos efeitos na VFC. Neste estudo a técnica de intervenção placebo também não foi igual ou similar à intervenção experimental mas tratou-se de outra técnica com apresentação de feedback, sendo comparável ao grupo experimental

A pesquisa desenvolvida com os jogadores de basquete realizada por Paul and Garg (2012), utilizou a técnica placebo diferente da técnica de biofeedback cardiorrespiratório. A técnica placebo foi utilizada com um grupo ativo que realizou a intervenção com vídeo

motivacional durante 10 dias consecutivos para os jogadores de basquete. Este grupo mostrou aumento somente para auto eficácia no esporte, enquanto que o grupo com biofeedback cardiorrespiratório mostrou mudanças para diminuição de ansiedade.

Outro estudo (Lazarov, Dar, Oded, & Liberman, 2010) realizou a intervenção de biofeedback com um grupo experimental e um grupo placebo. Foram realizados dois estudos a fim de investigar a hipótese de que pacientes obsessivos compulsivos apresentam uma tendência de apresentar melhor desempenho de relaxamento quando recebem respostas externas para a convicção subjetiva. Para isso foi realizada a intervenção de relaxamento com o biofeedback e um estudo placebo. O primeiro estudo realizado com a intervenção real de biofeedback abrangeu uma amostra 22 indivíduos com alta tendência obsessiva compulsiva e 22 indivíduos com tendências obsessivas compulsivas baixas. Foi realizado o registro da resposta galvânica da pele (que mede a atividade simpática) para mensurar um indicador do sistema nervoso autônomo. Os resultados mostraram que o grupo com alta tendência obsessivo compulsiva apresentou um melhor desempenho quando observaram o monitor do computador com o feedback fisiológico.

O segundo estudo realizado na pesquisa de Lazarov et al. (2010) foi utilizado o biofeedback placebo (ou de falsa percepção fisiológica). Neste segundo estudo os autores partiram do pressuposto que os participantes com tendências obsessivas compulsivas altas iriam acreditar mais no biofeedback falso em comparação a obsessivos compulsivos com tendências baixas (que iriam acreditar mais no seu próprio sentimento interno de relaxamento). Foram então incluídos 36 participantes sendo 13 mulheres e 5 homens com tendências obsessiva compulsiva alta e 13 mulheres e 5 homens com tendências obsessiva compulsiva baixa. Neste estudo os participantes foram informados que o aparelho de biofeedback geralmente funciona bem mas sua confiabilidade não é 100%, sendo que as vezes não é preciso. Todos os procedimentos foram similares ao estudo 1. Os resultados mostraram uma interação significativa, refletindo um efeito diferencial do biofeedback falso sobre os dois grupos. Além disso, os participantes com alta tendência obsessivo compulsivo foram mais afetados pelo biofeedback falso que os participantes com baixa tendência obsessivo compulsivo. Estes resultados sugerem que pessoas obsessivo compulsivas apresentam uma tendência a falta de convicção subjetiva do próprio relaxamento, com necessidade de estímulos externos que mostrem o desempenho.

Para P. M. Lehrer et al. (2004) o efeito placebo de EEG biofeedback, tal como utilizado na pesquisa de Swanson et al. (2009) auxiliou no manejo dos sintomas de pacientes com asma, mas não na função pulmonar. Em contrapartida os mesmos autores sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório auxiliou tanto nos sintomas de asma quanto na função pulmonar dos participantes (P. M. Lehrer et al., 2004).

A crença de que o feedback do biofeedback é verdadeiro se relacionou com maiores picos de alfa do indivíduo que se associou com o estado de relaxamento (Plotkin, 1980). Já o estudo de Hunyor et al. (1997) mostrou que a técnica de biofeedback real e de biofeedback placebo auxiliaram aos pacientes hipertensos a diminuir a pressão sistólica, o que também se relacionou com um estado de relaxamento e repouso. Para (Stroebe & Glueck, 1973) a falsa percepção dos processos internos contribui para as mudanças fisiológicas.

Quanto aos resultados encontrados nos artigos dessa revisão bibliográfica sobre os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório, alguns estudos mostraram aumento de índices da VFC após a intervenção de efeito crônico (Druschky & Druschky, 2014; Eddie et al., 2014; P. Lehrer et al., 2010; Lin et al., 2012; Paul & Garg, 2012; Siepmann et al., 2008; Whited et al., 2014; Zucker et al., 2009). Já a pesquisa de Swanson et al. (2009) concluiu que os efeitos na VFC pré e pós a técnica de biofeedback foram limitados, sugerindo melhores investigações. Os outros incluídos nesta revisão bibliográfica (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; Prinsloo, Derman, et al., 2013) sugeriram que os efeitos na VFC do biofeedback cardiorrespiratório aumentaram no efeito agudo, não observando tantos benefícios no efeito crônico desta técnica.

Outros estudos que não fizeram parte dos artigos incluídos nesta revisão de literatura também sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório pode ser uma estratégia para auxiliar no aumento da VFC e no treino de coerência cardíaca (Del Pozo et al., 2004; P. Lehrer et al., 2009; P. M. Lehrer & Vaschillo, 2003; Lehrer., Karavidas, et al., 2010; Lehrer. et al., 2006; Lehrer. et al., 2000; McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014).

Como exemplo, a pesquisa de Ginsberg et al. (2010a) evidenciou o aumento da coerência cardíaca dos participantes com estresse pós traumático após a intervenção com biofeedback. O pré e pós teste mostrou que intra grupos e entre grupos os efeitos foram significativos. O teste Wilcoxon mostrou aumento significativo de LF quando comparado grupo experimental do grupo controle. O aumento da coerência cardíaca após biofeedback se relacionou com o aumento no

desempenho cognitivo (span de dígitos e no teste da lista de palavras que envolve aprendizagem). Segundo os autores, este achado sugere que a coerência cardíaca é essencial para o processamento de informações e tarefas da vida diária, auxiliando o organismo na adaptação ambiental, social e cognitiva. Este resultado se relacionou com os pressupostos do modelo Neurovisceral e com a Teoria Polivagal, em que relaciona as funções autônomas com o sistema nervoso central.

Nota-se que esta breve pesquisa bibliográfica investigou somente os efeitos pré e pós o biofeedback cardiorrespiratório já que um número menor de pesquisas investigou o efeito pós sessão de biofeedback, e é relevante para compreensão da eficácia desta técnica em efeito agudo. Mas ressalta-se que existem outros efeitos de aumento da atividade parassimpática e de índices relacionados à energia respiratória (LF e razão LF/HF) que estão associados durante a sessão e que são verificados na maior parte dos estudos (Del Pozo et al., 2004; Eddie et al., 2014; Ginsberg et al., 2010a; Hassett et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004; Prinsloo, Derman, et al., 2013).

A técnica de biofeedback cardiorrespiratório tem se desenvolvido nos últimos anos, com inovações promissoras na área, como por exemplo, com a criação de aplicativos para o celular para o biofeedback baseado no treino da coerência cardíaca (Abtahi, Berndtsson, Abtahi, Seoane, & Lindecrantz, 2014; De Jonckheere, Ibarissene, Flocteil, & Logier, 2014). E também no desenvolvimento de novos equipamentos que não exigem que o participante compareça a uma clínica ou laboratório presencialmente (Druschky & Druschky, 2014).

Entretanto, os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório devem ser melhores investigados, já esta técnica é promissora para o uso popular e para o aprimoramento de protocolos para investigação acadêmica. Por isso, nota-se a importância da investigação de características placebo associada ao biofeedback cardiorrespiratório. Além disso, necessitam-se mais estudos que investiguem a relação entre os efeitos na VFC antes, durante e depois o biofeedback cardiorrespiratório e sua relação com o processamento de informações no cérebro.

O item a seguir desta revisão de literatura é sobre o EEG (eletroencefalograma). O EEG foi utilizado no estudo 2 desta tese, durante a performance em duas tarefas cognitivas realizadas após o biofeedback cardiorrespiratório.

2.4 Eletroencefalograma (EEG)

A primeira publicação de gravação com o eletroencefalograma (EEG) em humanos foi realizada por Berger, no século XIX (Berger, 1929, 1932), e desde então intensificaram os estudos em neurociência envolvendo a busca da compreensão do processamento das funções cerebrais. Hoje é crescente a multidisciplinariedade na Neurociência e o uso do EEG como uma medida de avaliação do sistema nervoso central para investigação dos estados e processos mentais. Neste contexto a análise das oscilações cerebrais e dos potenciais relacionados a eventos receberam mais atenção no âmbito acadêmico, já que possibilitam a investigação da atividade elétrica do cérebro resultante da comunicação eletroquímica entre os neurônios em determinadas regiões corticais (Blankertz, Lemm, Treder, Haufe, & Muller, 2011).

Nesta tese, o estudo 2 utilizou a análise do EEG relacionada aos ERPs (potenciais relacionados a eventos), para investigar os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação de instruções no processamento cerebral. O item seguinte desta revisão de literatura trata-se dos ERPs.

2.4.1 Potenciais Relacionados a eventos (ERPs)

O primeiro estudo com ERPs (potenciais relacionados a eventos) em humanos foi desenvolvido alguns anos após o registro com o EEG realizado por Berger, no ano de 1935-1936 por Pauline e Hallowell Davis (Luck, 2005). Os estudos com os ERPs foram crescentes especialmente a partir da década de 60 (Walter, Cooper, Aldridge, McCallum, & Winter, 1964), possibilitando insights acerca do processamento do cérebro especialmente com o componente P3 (Delorme, Miyakoshi, Jung, & Makeig, 2014; Sutton, Braren, Zubin, & John, 1965). O nome dado de ERP (event related potential) designa a classe geral de potenciais que são evocados em determinado tempo em relação a um evento definido (Luck, 2005). Desta maneira, os ERPs são caracterizados pela evolução temporal e pelas correspondentes distribuições espaciais de potenciais. Para analisar e processar os ERPs tem-se uma *matrix*² espaço-tempo cujas formas de ondas de sinais de EEG são tanto em tempo e em fase bloqueada (phase locked) em um evento mental (Blankertz et al., 2011; Delorme et al., 2014).

Os ERPs são registrados em volts por meio de eletrodos acoplados no couro cabeludo, e refletem o potencial pós-sináptico. O potencial pós-sináptico pode durar dezenas ou centenas de milissegundos, e pode ocorrer instantaneamente ao invés de viajar através do axônio em uma frequência fixa. Por isso, é possível sintetizar e gravar potenciais pós sinápticos por meio do couro cabeludo (Luck, 2005).

O componente do ERP é definido conforme sua polaridade positiva (representada pela letra “P”) ou negativa (representada pela letra “N”), sua latência e sua distribuição cortical, e sua relação com variáveis experimentais. O método de registro dos ERPs não é invasivo, com resolução temporal dos processos cognitivos do cérebro humano normal e também dos estados patológicos. A sequência e latência dos componentes dos ERPs são investigadas em milissegundos e as amplitudes dos potenciais indicam a extensão dos processos cognitivos específicos (Duncan et al., 2009). Isso indica que os ERPs se caracterizam como uma medida que possibilita a compreensão dos processos cognitivos. A amplitude do ERP representa o grau ou intensidade do engajamento no processo cognitivo, e a latência mensura o tempo no estágio de processamento cognitivo (Thomas, Johnstone, & Gonsalvez, 2007).

Durante o processamento cognitivo os ERPs envolvem dois principais componentes: um de natureza regulador e outro de natureza avaliador. O componente regulador dos processos cognitivos inclui o controle top-down, o foco da atenção, a manutenção na tarefa e a implementação de ajustes de comportamento para responder corretamente a resposta. As áreas relacionadas com o componente regulador são: área pré-frontal dorsolateral e área pré-frontal ventrolateral. O componente avaliador se caracteriza pelo monitoramento da performance em erro ou em conflito, sinalizando quando deve implementar a mudança na performance. A área relacionada ao componente avaliador é o córtex cingulado anterior (Egner, Etkin, Gale, & Hirsch, 2008; Larson, Clayson, & Clawson, 2014).

Para esta tese estes componentes foram investigados durante a tarefa que envolveu detecção de erro (tarefa Go No/Go) e durante a tarefa que envolveu detecção de conflito (tarefa Emotional Stroop). Os processos de detecção de erro e de detecção de conflito atuam em circuitos diferentes de processamento no cérebro, mas podem estar relacionadas.

Na literatura existem diversos tipos de ERPs para diferentes tarefas cognitivas, contudo os itens seguintes desta revisão de literatura descrevem os ERPs investigados nos resultados do estudo 2 desta tese. Além disso, os itens seguintes desta revisão também consideraram em alguns momentos a relação entre ERPs e emoção. Isso porque os ERPs são considerados uma medida sensível as variáveis relacionadas ao processamento de informações e para esta tese os ERPs foram investigados após a sessão de biofeedback associado à manipulação de instruções.

2.4.1.1 Detecção de erro (ERN e Pe)

A tarefa cognitiva utilizada no estudo 2 desta tese, que envolveu o componente de ERP de detecção de erro, foi a tarefa Go No/Go. Esta tarefa cognitiva envolve processos cognitivos de controle inibitório, em que o participante deve responder o mais rápido possível pressionando um botão quando aparece um estímulo “GO”. Por outro lado o participante deve inibir a resposta e não deve pressionar o botão quando aparece na tela do computador um estímulo “NOGO”. A tarefa de Go No/Go é comumente utilizada em estudos que objetivam a investigação de componentes que envolvem detecção de erro (Donders, 1969; Donkers & van Boxtel, 2004; Lamers & Roelofs, 2011; Miltner et al., 2003; Schulz et al., 2007; Simpson & Riggs, 2006; Zhang & Lu, 2012). Os componentes do ERP chamados de ERN e o Pe (positividade relacionada ao erro) serão abordados neste item da revisão e se relacionam com o processo de detecção de erro.

Os estudos com ERN iniciaram há pouco mais de 20 anos atrás, e o ERN foi desde então caracterizado como um alto nível de processamento cognitivo que ocorre depois da informação do estímulo detectado na atenção perceptual (Falkenstein, Hohnsbein, Hoormann, & Blanke, 1991; Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993; Larson et al., 2014). O ERN é uma deflexão negativa nos ERPs e está associado quando a expectativa de violação ocorre e os neurônios dopaminérgicos da região fronto-central interrompem temporariamente o disparo, ocorrendo a desinibição do córtex cingulado anterior (CCA) e consequentemente a geração de um ERN. A geração do ERN se inicia aproximadamente 50ms após uma resposta, e atinge seu pico máximo em torno de 100ms após a resposta, geralmente em tarefas de tempo de reação. Contudo, nota-se que a janela de tempo de início do ERN e do

pico máximo varia em alguns milissegundos conforme o tipo da tarefa cognitiva (Coles, Scheffers, & Holroyd, 2001; Larson, Gray, Clayson, Jones, & Kirwan, 2013). Após a geração do ERN, tipicamente ocorre um sinal positivo, o Pe, gerado entre 200-500ms depois da resposta incorreta, e relacionando-se com a consciência do erro (Larson et al., 2013; Riesel, Weinberg, Endrass, Meyer, & Hajcak, 2013) ou correção do erro e o processamento contínuo do significado do erro (Falkenstein, Hoormann, Christ, & Hohnsbein, 2000). O estudo de Riesel et al. (2013) revelou evidência de constructo e de validade para o ERN e o Pe em diferentes tarefas cognitivas, incluindo a tarefa de Go No/Go, mostrando que o ERN se relaciona com a atividade predominantemente na região fronto-central do cérebro.

Existe consenso na literatura que o córtex cingulado anterior está associado com a detecção de erro (Falkenstein et al., 1991; Holroyd, Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2003; Iannaccone et al., 2015; Kiehl, Liddle, & Hopfinger, 2000; Shima & Tanji, 1998) e que a geração do ERN reflete a saída de um sistema de avaliação envolvido na detecção de erro (Badgaiyan & Posner, 1998; Falkenstein et al., 2000; Miltner et al., 2003). Contudo, em alguns casos o ERN também ser gerado em uma resposta correta durante tempo de reação pois as respostas corretas geralmente acarretam em um tempo de reação maior (resposta mais lenta) do que algum padrão interno de velocidade (Coles et al., 2001). Em outro caso, o ERN pode ser igual em resposta incorreta e em resposta correta quando existe uma lesão pré-frontal lateral, e sugere-se que a área pré-frontal lateral pode interagir com o córtex cingulado anterior para o componente do ERN (Gehring & Knight, 2000).

O ERN representa um aspecto cognitivo, contudo, também representar uma influência de um sinal afetivo ou motivacional via conexões do córtex cingulado anterior com a amígdala e núcleo autonômico do tronco cerebral (Falkenstein et al., 2000; Gehring & Knight, 2000; Larson et al., 2013). Estudos discutem a influencia do estado afetivo, motivacional e emocional no ERN (Chiu & Deldin, 2007; Gehring et al., 1993; Inzlicht & Al-Khindi, 2012; Larson, South, Clayson, & Clawson, 2012; Pailing & Segalowitz, 2004). Para Hajcak, McDonald, and Simons (2004) e Amodio, Master, Yee, and Taylor (2008) o estado emocional negativo pode influir na maior amplitude do ERN pois esta relacionado a um maior estado de alerta e vigilância. Entretanto o estudo de Olvet and Hajcak (2008) sugere que o ERN não possui relação com o estado afetivo.

O ERN pode ser um reforço de sinal de aprendizagem para ajustar o comportamento mais perto do comportamento esperado

(Inzlicht & Al-Khindi, 2012; Larson et al., 2014). Contudo não se sabe qual deve ser o nível ideal de ativação do ERN e pode também se relacionar a emoções negativas (Amodio et al., 2008; Hajcak et al., 2004; Inzlicht & Al-Khindi, 2012).

2.4.1.2 Detecção de conflito (P3 e SP)

No estudo 2 desta tese, a tarefa cognitiva de Emotional Stroop foi utilizada para investigar os componentes do ERP relacionados à detecção de conflito. A tarefa de Emotional Stroop é uma adaptação da tarefa clássica de Stroop por nomeação de cores. Na tarefa clássica de Stroop deve-se nomear o nome da cor inibindo a palavra escrita, envolvendo processos de atenção-conflito (para estímulo incongruente). Já a tarefa de Emotional Stroop possibilita a investigação da interação emoção-atenção-conflito (van Hooff, Dietz, Sharma, & Bowman, 2008).

A tarefa de Emotional Stroop envolve estímulos capazes de causar interferência e conflito para o cérebro (efeito stroop com estímulos incongruentes) e se caracteriza por apresenta conotação emocional nos estímulos apresentados (por exemplo, apresentação de uma face feliz com a palavra escrita feliz para o estímulo congruente; e face feliz com palavra escrita medo para estímulo incongruente). Diversos estudos (Mathews & MacLeod, 1985; Taake, Jaspers-Fayer, & Liotti, 2009; Thomas et al., 2007; van Hooff et al., 2008; Williams, Mathews, & MacLeod, 1996; Zhu, Zhang, Wu, Luo, & Luo, 2010) apontam que a tarefa cognitiva que envolve o efeito de stroop possibilita a investigação do processo de detecção de conflito no cérebro.

Os componentes do ERP chamados de P3 e de potencial lento de conflito (SP =slow potential) serão abordados neste item da revisão de literatura e se relacionam com os processos de atenção e de detecção de conflito na tarefa de Stroop e especificamente na tarefa de Emotional Stroop.

O conflito cognitivo durante tarefas cognitivas envolvem especialmente o córtex cingulado anterior e o córtex pré-frontal dorsolateral. O monitoramento da informação de conflito é guiado pelo córtex cingulado anterior, que também aciona o córtex pré-frontal dorsolateral para a resolução de conflito (Botvinick, Braver, Barch, Carter, & Cohen, 2001; Larson, Kaufman, & Perlstein, 2009; Liston, Matalon, Hare, Davidson, & Casey, 2006).

O córtex pré-frontal dorsolateral e a amígdala foram associados no estudo de Etkin, Egner, Peraza, Kandel, and Hirsch (2006) com a detecção de conflito emocional durante a tarefa de Emotional Stroop e o córtex cingulado anterior rostral foi associado com a resolução de conflito. Já o estudo de Bush, Luu, and Posner (2000) sugere ainda que tanto a região rostral quanto a região ventral do córtex cingulado anterior se relacionam com os processos de atenção e de regulação emocional durante a tarefa de Emotional Stroop. No entanto, todas estas regiões (região dorsolateral e o córtex cingulado anterior rostral e ventral) estão interligadas e apresentam um papel importante para o processamento de conflito emocional (Bishop, Duncan, Brett, & Lawrence, 2004; Bush et al., 2000; Etkin et al., 2006).

Um estudo interessante mostrou que o efeito de conflito também é encontrado na região parietal posterior do cérebro. O estudo de Liston et al. (2006) investigou o efeito do conflito na atividade cerebral por meio do fMRI. Os autores verificaram que tanto o córtex cingulado anterior quanto o córtex parietal posterior foram sensíveis a detecção de conflito, entretanto para diferentes tipos de conflitos. O córtex cingulado anterior foi mais sensível ao conflito em nível de resposta enquanto que o córtex parietal posterior foi mais sensível em nível de representação do estímulo. A atividade do córtex parietal posterior foi precedida pelo aumento da atividade no córtex pré-frontal dorsolateral e previu melhor desempenho cognitivo. Para os autores o córtex cingulado anterior e o córtex parietal posterior atuam em conjunto para detectar e processar diferentes tipos de conflito e enviar o sinal ao córtex pré-frontal dorsolateral para resolução de conflito.

Um dos ERPs observados durante a tarefa que envolve sustentação da atenção e detecção de conflito, especialmente com efeito Stroop, é o P3 (ou P300) (Briggs & Martin, 2009). O componente P3 é verificado em tarefa tradicional de stroop (com nomeação de cores) e também na tarefa de Emotional Stroop. Quando o P3 é detectado na tarefa de Emotional Stroop é geralmente relacionado com o processamento do estímulo emocional e é relacionado ao desempenho na tarefa cognitiva (Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson, Nordin, Sequeira, & Polich, 2008).

Este componente é caracterizado como endógeno, e se relaciona mais a fatores internos do que a fatores externos. O P3 varia a localização da região cortical conforme a tarefa cognitiva e estímulo específico, e pode ser identificado como P3a, com localização na região frontal, e P3b, com localização na região parietal, e que se relacionam com o armazenamento dos estágios iniciais da memória e com o

processo de atenção, dependendo da tarefa específica que é efetuada. A literatura aponta o componente P3b geralmente somente como P3, e este é mais sensível a efeitos por estímulos de valência e excitação emocional (Briggs & Martin, 2009; Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson et al., 2008).

O componente P3 pode se relacionar com os efeitos da excitação emocional passiva (somente visualização), ativa (visualização e discriminação) e indireta (estímulo emocional distrator) durante as tarefas cognitivas (Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson et al., 2008). Na pesquisa de Thomas et al. (2007) o componente P3 foi relacionado com a excitação emocional passiva, em que foram apresentados estímulos neutros e estímulos com conotação de “ameaça” na tarefa de Emotional Stroop. Os autores observaram que a amplitude do P3 foi menor durante estímulo neutro e a amplitude era consideravelmente maior quando o estímulo da palavra apresentava conotação emocional de “ameaça”. Estes resultados foram relacionados com a regulação do processo bottom-up, de baixo para cima, sugerindo que o componente P3 é influenciado por estímulos com conotação emocional. Outro estudo (van Hooff et al., 2008) também sugeriu que o componente positivo do ERP, o P3, pode ser influenciado pelo tipo de estímulo com conotação emocional e pela regulação bottom-up mas não atua independente do processo top-down (de cima para baixo). Desta forma o processamento de estímulos emocionais envolvem funções de atenção e percepção que interagem em múltiplos níveis relacionados ao processo da emoção (van Hooff et al., 2008).

Por outro lado, o estudo de Metzger, Orr, Lasko, McNally, and Pitman (1997) não identificou diferenças entre estímulos com conotação emocional e sem conotação emocional para o componente P3 durante a tarefa de Emotional Stroop. Os pesquisadores investigaram o ERP P3 durante detecção de conflito em participantes com transtorno de estresse pós traumático. Os resultados indicaram que os participantes com estresse pós-traumático apresentaram tempo de reação maior (ou seja foram mais lentos) especialmente para o estímulo com conotação traumática. Para o componente P3 foi verificada a diminuição da amplitude em todos os estímulos, com conotação traumática e sem conotação traumática. Desta forma os diferentes tipos de estímulos não se relacionaram com o processamento cerebral associado com a atenção em palavras com conotação de trauma e não-trauma. Contudo, nota-se que esta pesquisa utilizou participantes clínicos, com estresse pós traumático, e as palavras de conotação emocional utilizadas foram somente relacionadas ao trama dos participantes. Neste caso o cérebro

pode ter inibido a palavra traumática para que fosse possível executar a tarefa de conflito com eficiência. E por isso a palavra com conotação traumática e neutra podem não ter se diferenciado para a amplitude do P3.

A pesquisa de Carretie, Martin-Loeches, Hinojosa, and Mercado (2001) investigou os ERPs com uma tarefa que interage emoção e atenção. Esta pesquisa não objetivou investigar detecção de conflito, mas pode auxiliar a compreender o processo e relação da atenção e da emoção durante tarefa cognitiva. Os pesquisadores utilizaram uma tarefa que envolveu 4 categorias de estímulos: excitação positiva, excitação negativa, relaxamento e estímulo neutro. OS ERPs relacionados com o processo da atenção foram investigados, com o N280 pré estímulo, P200 pós estímulo e P340 pós estímulo. O ERP pré-estímulo N280 foi encontrado na região pré-frontal, relacionado com o córtex cingulado anterior e córtex medial pré-frontal, e foi detectado amplitude menor nas respostas que anunciaram estímulo negativo, sugerindo a uma expectativa relacionada a atenção para o estímulo seguinte. O componente P200 e P340 foram teoricamente comparados ao componente P3a, contudo o P200 e o P340 foram encontrados na região do córtex de associação visual, na área parieto-occipital, enquanto que o P3a é encontrado na área fronto-central. O P200 e o P340 mostraram maior amplitude durante estímulos de excitação negativa. Com isso, os autores sugeriram que estes dois componentes se relacionaram com o processamento de entrada da atenção associada à estimulação visual emocional, sendo mais forte para estímulo visual negativo, e com predominância de atividade parieto-occipital.

O P3 pode ser seguido por um componente negativo (N450) e/ou por um componente lento que pode aparecer em uma janela de tempo maior que 500ms, relacionando-se com o processo de top-down. O potencial lento de conflito (SP=slow potential) aparece positivo na região parietal e se relaciona com o mecanismo de adaptação de processamento de conflito para atingir a eficiência na tarefa ou a sinalização de um aumento de implementação do controle de atenção (Larson et al., 2009). A localização geradora do SP ainda é pouco investigada. Para West (2003), a localização que gera o SP se relaciona com área medial e inferior do giro frontal e pelo córtex extra estriado.

No estudo de Gootjes, Coppens, Zwaan, Franken, and Van Strien (2011) o componente lento (SP) verificado durante a tarefa de “Emotional Stroop words” foi detectado na janela de tempo de 350-550ms e especialmente no hemisfério esquerdo. De acordo com os

autores, O SP se relacionou com a sustentação da atenção (não intencional) para processar as palavras de estímulo da tarefa.

O potencial lento de conflito (SP= slow potential) foi detectado no estudo de Shen, Xue, Wang, and Qiu (2013) entre 700-800 ms na tarefa de Emotional Stroop. Conforme os autores, o potencial lento de conflito P700-800 é um ERP positivo geralmente detectado na região parietal posterior e associado com a resolução de conflitos, seleção de resposta e monitoramento da resposta (quando pré resposta) ou adaptação ao conflito (quando pós resposta) (Shen et al., 2013).

O estudo com a tarefa tradicional de Stroop utilizando as cores e o nome de cores (Liotti, Woldorff, Perez, & Mayberg, 2000), identificou um efeito positivo na janela de tempo de 700-800ms na região esquerda parieto-temporal para a diferença entre estímulo congruente e incongruente. Segundo os autores este resultado se relacionou com o processo de ativação posterior da palavra que ocorre após a sinalização de incongruência por regiões anteriores, possivelmente pelo córtex cingulado anterior. A lateralização esquerda possivelmente se associou com o processamento semântico da palavra.

Considerando as pesquisas citadas acima, o componente P3 detectado durante a tarefa de Emotional Stroop parece ser mais relacionado ao processamento de input do estímulo emocional com um processo bottom-up (Thomas et al., 2007; van Hooff et al., 2008). Já o componente SP parece se associar mais a uma sustentação e implementação da atenção para processar a tarefa com eficiência com um processo top-down. Além disso, o P3 é um componente pré ao SP, o que sugere primeiro um input do estímulo envolvendo o processo de atenção, e depois a sustentação e implementação atencional para eficiência na tarefa (West, 2003).

2.5 Placebo: manipulando o experimento

O termo placebo apresenta origem latina e se relaciona especialmente com pesquisas na área da medicina e farmacologia, com o uso de substâncias ausentes de propriedades físico-químicas. O termo “efeito placebo” caracteriza-se pelas reações da administração do placebo, incluindo manifestações com efeito psicológico. O organismo envolve interações entre mecanismos psicológicos, psicossociais e bioquímicos, e estes processos não são isolados e independentes. As

pesquisas com placebo na Psicologia podem auxiliar a investigar a validade ou os efeitos de determinada intervenção e procedimento, como por exemplo, técnicas terapêuticas e técnicas de relaxamento (Rocha et al., 2008).

Sobre o efeito placebo, Hrobjartsson and Gotzsche (2001) realizaram uma pesquisa bibliográfica sistematizada analisando os artigos que envolveram a seleção randomizada de sujeitos clínicos submetidos a tratamento placebo ou nenhum tratamento. O tratamento placebo incluiu o tratamento farmacológico, o tratamento físico, ou o tratamento psicológico. O objetivo foi investigar se a intervenção placebo poderia ser considerada como uma forma de tratamento para doença, e não somente uma intervenção experimental comparativa com a intervenção real. Os autores selecionaram 130 experimentos, sendo que 16 foram excluídos por não apresentarem dados relevantes sobre os resultados. Foi verificado que o tratamento placebo não mostrou efeitos significativos se comparado com os sujeitos sem nenhum tratamento, exceto para tratamento da dor e para resultados contínuos subjetivos. Em 27 estudos envolvendo o tratamento da dor, a intervenção placebo teve um efeito positivo para diminuição de intensidade de dor. O tratamento placebo apresentou um efeito benéfico, mas o efeito diminuiu com o aumento do tamanho da amostra, indicando um possível viés relacionado com os efeitos de amostra pequena. Contudo os resultados mostraram que o tratamento placebo pode favorecer o bem estar dos pacientes em alguns estudos analisados. Os resultados puderam sugerir que o tratamento placebo não é eficaz para o tratamento de doença, mas apresenta benefícios para o bem estar, e especialmente para estudos que envolveram o tratamento da dor.

Desta forma, uma intervenção placebo não deve apresentar uma conotação negativa de intervenção, já que possibilita uma comparação de avaliação empírica de determinada técnica psicológica. Além disso, a própria intervenção placebo, ou características placebo em uma técnica de intervenção, podem apresentar efeitos positivos e que devem ser levados em consideração como um viés em pesquisa e também na atividade profissional (Boot, Simons, Stothart, & Stutts, 2013; Critelli & Neumann, 1984).

A intervenção psicológica é investigada com um grupo controle que também pode responder por melhorias causadas por outros fatores. Um grupo com manipulação placebo pode ser útil neste sentido, caracterizando como um grupo ativo que também pode apresentar expectativas de melhora com a intervenção assim como o grupo experimental. Isso pode contribuir na atribuição de melhorias para uma

intervenção e possibilita realizar outras inferências causais (Boot et al., 2013). Como exemplo, nesta tese a intervenção psicofisiológica de biofeedback cardiorrespiratório foi associada com a manipulação de características placebo.

Estudos clássicos (Barefoot & Straub, 1971; Oslon & Ross, 1988; Shahidi & Powell, 1988; Valins, 1966) sobre o efeito placebo baseado na manipulação de feedback referem que o efeito placebo com manipulação de feedback pode influir nas reações emocionais com a re-atribuição das crenças e das expectativas dos sujeitos diante de determinado estímulo ou intervenção. O efeito placebo ocorre quando os sujeitos não percebem a manipulação do estímulo ou da intervenção e quando acreditam que tal manipulação pode influir em seu estado de excitação emocional e fisiológico. Além disso, o efeito placebo é possível quando o examinador adota uma atitude neutra que viabiliza a manipulação da situação experimental.

A manipulação de feedback em intervenções como de biofeedback podem interferir no estado emocional do sujeito. Isso porque o feedback do biofeedback é um mecanismo de reforço do sinal fisiológico e se torna um estímulo discriminativo para as respostas operantes. Esse sinal de feedback pode servir como um reforço para aumentar a consciência corporal e influir no sistema nervoso autônomo. A percepção dos feedbacks durante o processo de biofeedback pode auxiliar a discriminar sinais interoceptivos. O feedback contingente pode ser mais eficaz para criar a coerência cardíaca e influir no sistema nervoso autônomo do que um feedback não contingente, mas ainda assim não se exclui a possibilidade que o grupo placebo possa também apresentar efeitos relacionados a intervenção (Shahidi & Powell, 1988). O essencial para influenciar na modulação autônoma não é somente a identificação e percepção dos feedbacks, mas também a percepção interna das emoções e a consciência corporal (Lombardo & Violani, 1994).

Outra característica placebo pode ser também investigada na literatura com o termo “*sham*” e o termo “*misattribution*”. O termo “*sham*” remete ao significado de “fraude” e “falso”. O termo “*misattribution*” pode se relacionar com a idéia de induzir ou instruir informações equivocadas ou falsas, re-atribuir um significado, assim como foi realizado no experimento do estudo 2 desta tese. O estudo de (Schachter & Singer, 1962) foi pioneiro no estudo com “*mistribution*” e sugere que a manipulação de fontes externas pode influir na emoção, na excitação fisiológica e na performance cognitiva. Para Clore and Huntsinger (2007) os estados afetivos e emocionais, os julgamentos e

crenças, podem ser influenciados por uma atribuição induzida externa que podem ser instruções manipuladas ou por feedback de estímulos. A atribuição induzida pode também interferir no processamento cognitivo e em respostas fisiológicas.

Assim, alguns fatores que podem influenciar na performance e eficácia do biofeedback são: o feedback do biofeedback; as instruções do biofeedback; crenças individuais de que a técnica pode auxiliar em algum aspecto da saúde (sugestibilidade de “auto-cura”); e estratégia cognitiva utilizada para influenciar no ritmo cardíaco e respiratório (Bennett, Holmes, & Frost, 1978; P. Gayl & A. Roderick, 1982). Além disso, características individuais do sujeito, como a capacidade de discriminação do feedback, a auto percepção, a consciência corporal, fatores emocionais e a capacidade cardiovascular, podem influir na performance durante o biofeedback cardiorrespiratório. Podem existir pessoas com mais facilidade ou menos facilidade de auto percepção corporal e emocional (De Pascalis, Palumbo, & Ronchitelli, 1991). Nota-se que os artigos publicados com biofeedback e características placebo citados acima são relativamente antigos o que sugere mais estudos com esta vertente de investigação.

Um estudo mais atual (Strain, Azevedo, & D’Mello, 2013) mostrou que o biofeedback-falso pode influenciar na aprendizagem de alunos para respostas em questões de inferência desafiadora. Os pesquisadores investigaram uma metodologia de biofeedback-falso por meio de áudio para manipular a excitação fisiológica e buscar induzir estados afetivos que possam influenciar em julgamentos metacognitivos e no desempenho de aprendizagem em alunos. O biofeedback-falso foi utilizado para induzir a excitação fisiológica (e estados afetivos) por meio da apresentação de estímulos falsos de áudio de batimentos cardíacos. Os alunos foram expostos a estímulos com acelerado batimento cardíaco, a linha de base do batimento cardíaco, ou nenhum batimento cardíaco (controle) durante a realização de uma tarefa enquanto de desafio de aprendizagem. Os resultados mostraram que os alunos que fizeram julgamentos metacognitivos melhores e conseguiram alcançar maior nível de aprendizagem receberam os batimentos cardíacos acelerados ou de linha de base no biofeedback durante respostas de inferência desafiadora em comparação a alunos que não receberam nenhum biofeedback. Os resultados sugerem que o biofeedback-falso pode prejudicar ou facilitar na aprendizagem de alunos em comparação a nenhum estímulo de biofeedback, e pode servir como uma alternativa para influenciar nos estados afetivos e nos julgamentos metacognitivos. A presença de um estímulo de excitação

cardíaca e de linha de base influenciou positivamente no desempenho durante a tarefa de aprendizagem dos alunos.

Não foram encontrados estudos com a manipulação placebo de feedback e de instruções com a técnica específica do biofeedback cardiorrespiratório. Desta forma, os objetivos desta tese e o design experimental poderão favorecer em outras contribuições científicas a respeito da técnica de biofeedback cardiorrespiratório e como esta intervenção pode impactar nos processos autonômicos e cerebrais do indivíduo. O design com a inclusão da investigação de características placebo no biofeedback cardiorrespiratório pode promover evidências quanto aos diferentes processos psicofisiológicos.

3. ESTUDO 1: Acreditar ou não acreditar no feedback? Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado com feedback verdadeiro e feedback placebo no sistema nervoso autônomo

RESUMO

Este estudo verificou o efeito de duas curtas sessões de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo no sistema nervoso autônomo. Os índices lineares e não lineares da VFC e a coerência cardíaca foram registrados como marcadores indiretos do sistema nervoso autônomo. Foram incluídos 26 jovens adultos saudáveis submetidos a duas sessões de biofeedback, intercaladas no período de 7 a 10 dias, correspondendo a sessão de biofeedback associado ao feedback real e ao feedback placebo. Os resultados mostraram diferenças significativas para a etapa (sessão de biofeedback vs. pós teste) e interação da etapa com performance (bons aprendizes vs. fracos aprendizes da coerência cardíaca). Foi verificada diferença entre etapa com aumento de HR, SDNN, LF, LF/HF e coerência cardíaca durante a sessão com feedback real, com a diminuição no pós teste, o que sugere aumento parassimpático e da energia respiratória durante a sessão. E foi verificado o aumento de HF e D2 pós teste com feedback real que se relacionou ao aumento parassimpático e de adaptação do organismo pós teste. Para a sessão com o feedback placebo foi verificado somente aumento de LF/HF e da coerência cardíaca durante a sessão em comparação ao pós teste, sugerindo aumento da energia respiratória. As duas sessões mostraram aumento pós teste para os índices ApEn e DFA: α_2 , e aumento durante as sessões para o índice DFA: α_1 , sugerindo aumento da atividade do nervo vago durante e pós teste. Os bons aprendizes da coerência cardíaca aumentaram significativamente os índices relacionados a atividade parassimpática durante as duas sessões, mas ao comparar com os fracos aprendizes os índices da atividade parassimpática foram maiores na sessão com feedback real. Os bons aprendizes e os fracos aprendizes da coerência cardíaca também aumentaram os índices relacionados à modulação vagal. Os resultados da auto-percepção dos participantes após as duas sessões não foram significativamente diferentes. Este estudo sugere que aumentou a atividade do nervo vago em ambas sessões, mas a sessão com feedback real mostrou mais efeitos.

Palavras chave: biofeedback cardiorrespiratório, variabilidade da frequência cardíaca, coerência cardíaca, feedback, placebo.

STUDY 1: Believe or not believe in the feedback? Effects of cardiorespiratory biofeedback associated with real feedback and placebo feedback on the autonomic nervous system

ABSTRACT

This study examined the effect of two short sessions of cardiorespiratory biofeedback associated with the real feedback and placebo feedback on the autonomic nervous system. Linear and non-linear HRV index and cardiac coherence were recorded as indirect markers of the autonomic nervous system. We included 26 healthy young adults submitted to two biofeedback sessions, interspersed within 7 to 10 days, corresponding to a cardiorespiratory biofeedback session associated with the real feedback and with a placebo feedback. The results showed significant differences to the stages (biofeedback session vs. pos test) and stage and performance interaction (good learners of cardiac coherence vs. poor learners of cardiac coherence). The differences observed between stages were the HR, SDNN, LF, LF/HF and cardiac coherence increase during the real feedback session with a post-test decrease, which suggests that the parasympathetic and respiratory energy increased during the session. It was verified the increase of HF and D2 during the post-test for the real feedback and can be related with the increased of the parasympathetic system and the organism adaptation during the post-test. For the session with the placebo feedback we observed the increase of LF/HF and cardiac coherence during the session compared to the post-test, suggesting increase of respiratory energy. Both sessions showed ApEn and DFA: $\alpha 2$ increase during the post-test, and the DFA: $\alpha 1$ increased during the sessions, suggesting increased of the vagus nerve activity during the biofeedback and during the post- test. The good learners of the cardiac coherence showed a significantly increase related to parasympathetic activity during the two sessions, but when compared with the poor learners HRV index, the parasympathetic activity was higher for the real feedback. The good learners and the poor learners of cardiac coherence increased the HRV index related to vagal modulation. The results for the self-perception of the participants after the two sessions were not significantly different. This study suggests the increased of the vagus nerve activity for the both sessions, but real feedback session showed more effects.

Keywords: cardiorespiratory biofeedback, heart rate variability, cardiac coherence, placebo.

3.1 Introdução

O biofeedback é uma técnica eletrônica que fornece por meio de um *display* sinais fisiológicos contingentes chamados de feedbacks. Por isso, o treino com biofeedback é caracterizado como condicionamento operante em que uma alteração fisiológica no indivíduo é exibida em um *display* e seguida por um sinal de feedback (Shahidi & Powell, 1988). Este feedback externo possibilita a criação de estratégias capazes de auxiliar na aprendizagem para influir em índices do sistema nervoso autônomo. O fato de existir um feedback fisiológico externo pode ser importante na regulação de processos de aprendizagem consciente (Ahmed et al., 2011; Lombardo & Violani, 1994; Nishimura et al., 2007; Shahidi & Powell, 1988). Especificamente o biofeedback cardiorrespiratório pode mostrar feedbacks relacionados a frequência respiratória e frequência cardíaca ou a coerência cardíaca (P. M. Lehrer et al., 2000)

A coerência cardíaca (chamada também de frequência de ressonância) é associada com a frequência cardíaca e atividade do barorreflexo e é caracterizada como a maior amplitude das oscilações da frequência cardíaca induzida pela respiração. A coerência cardíaca ocorre quando a respiração e a frequência cardíaca entram em sincronia, em uma frequência de aproximadamente de 0.1 Hz, associada a 6 respirações por minuto com o aumento máximo da amplitude sinusal respiratória (P. M. Lehrer & Vaschillo, 2003; Lehrer. et al., 2006; Lehrer. et al., 2009; Lehrer., Vaschillo, et al., 2010; Lehrer. et al., 2003; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

O treino da respiração abdominal sincronizada que caracteriza a coerência cardíaca próximo a uma frequência de 0.1Hz, pode influenciar na excitação emocional e mudanças psicofisiológicas do organismo, com efeitos sob índices da VFC e modulação autônoma (Lehrer., Vaschillo, et al., 2010; McCraty et al., 2009; Paul & Garg, 2012; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é caracterizada como o tempo de intervalo RR, de um batimento e outro do coração, e pode mensurar de forma indireta e quantitativa o funcionamento do sistema nervoso autônomo. O equilíbrio entre o simpático (tônus vagal) e o parassimpático produz uma oscilação permanente com o aumento e diminuição da frequência cardíaca e, portanto, podem ser correlacionados com o processo de excitação emocional. A resposta saudável é o coração apresentar maior variabilidade cardíaca, para que o

organismo tenha condições de se adaptar as diferentes demandas ambientais. A diminuição da variabilidade da frequência cardíaca está associada a transtornos de ansiedade, depressão e estresse, enquanto que o aumento da VFC está associada com saúde e adaptação do organismo a diferentes demandas ambientais (Di Simplicio et al., 2012; Friedman, 2007; Friedman & Thayer, 1998b; Paul & Garg, 2012; Recordati, 2003).

Alguns estudos de efeito crônico com pacientes clínicos mostraram que o biofeedback cardiorrespiratório produziu aumento nos índices da VFC da análise do domínio do tempo como: SDNN (Del Pozo et al., 2004; Lin et al., 2012; Swanson et al., 2009; Zucker et al., 2009); RMSSD (Lin et al., 2012); pNN50 (Lin et al., 2012; Siepmann et al., 2008; Swanson et al., 2009); e diminuição de HR (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; Siepmann et al., 2008); e aumento dos índices da análise do domínio da frequência: LF (M. K. Karavidas et al., 2007; Lin et al., 2012); HF (Cowan et al., 1990). Os índices SDNN, RMSSD e pNN50 representam indiretamente por meio de diferentes análises matemáticas a atividade parassimpática do SNA. E os índices HF e LF representam o predomínio da atividade parassimpática e a atividade simpática com influência da potência respiratória respectivamente. Por meio destes estudos sugere-se que o biofeedback cardiorrespiratório apresentou efeito positivo sobre índices da VFC especialmente com o aumento da atividade parassimpática do SNA em pacientes clínicos e após um programa de intervenção.

A intervenção de biofeedback cardiorrespiratório tradicional inclui aprender sobre o controle do ritmo da respiração para influir na modulação autônoma em um programa crônico. Neste protocolo tradicional o sujeito é capaz de aprender a respiração rítmica com um programa de “pacer” que ensina o ritmo de tempo da respiração para aumentar a coerência cardíaca. Somente após a aprendizagem do ritmo respiratório o sujeito realiza a intervenção de biofeedback cardiorrespiratório. Este tipo de proposta sugere uma “receita” para atingir a coerência cardíaca durante o treino de biofeedback (P. M. Lehrer et al., 2000). Para este estudo o treino de biofeedback foi em uma única sessão, com a forma de aprendizagem de “tentativa e erro”, em que o participante teve que aprender somente com o feedback do biofeedback, e não lhe foi informado o ritmo de tempo para a inalação e exalação para o treino da respiração controlada.

A pesquisa de Prinsloo et al. (2011) também investigou o biofeedback cardiorrespiratório em uma curta sessão de efeito agudo. A duração da sessão foi de 10 minutos, como realizado neste estudo de tese. No estudo Prinsloo et al. (2011) os participantes realizaram a tarefa

de Stroop antes e após a sessão de efeito agudo de biofeedback e foi investigado os índices da VFC. Os resultados indicaram que os participantes ficaram com uma sensação relaxamento e de diminuição de ansiedade e sono após a sessão de biofeedback. Também foi verificado o aumento do tempo de reação e menor número de erros durante a tarefa de Stroop após biofeedback. Os participantes mostraram uma melhora no desempenho cognitivo após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, associado com a diminuição da frequência respiratória e aumento dos índices da VFC. O índice RMSSD foi maior após o biofeedback durante a tarefa de Stroop do que antes do biofeedback na tarefa de Stroop e o índice LF diminuiu durante o Stroop após biofeedback em comparação ao controle. Os autores sugeriram que o biofeedback com o treinamento respiratório pode influenciar no foco de atenção durante uma tarefa de Stroop.

Não foi encontrado outro estudo de curta duração de 10 minutos de biofeedback cardiorrespiratório e os efeitos na VFC. Mas estudos de efeito crônico referem e de revisão apontam que o biofeedback cardiorrespiratório pode se relacionar com a diminuição de índices de estresse e de ansiedade e pode influenciar no estado e excitação emocional e na performance cognitiva (P. Lehrer et al., 2006; P. M. Lehrer et al., 2000; P. M. Lehrer et al., 2003; Mikosch et al., 2010; Prinsloo, Rauch, et al., 2013; E. G. Vaschillo et al., 2006b)

A partir disso este estudo de tese visou investigar a VFC durante e após o biofeedback cardiorrespiratório em efeito agudo e em uma curta sessão de 10 minutos. A proposta é investigar se em uma curta sessão o biofeedback cardiorrespiratório pode influir em índices da VFC e na coerência cardíaca. Além disso, o ponto central deste estudo é investigar a característica placebo do feedback do biofeedback nos índices da VFC e na coerência cardíaca, a fim de compreender se a manipulação do feedback pode influir indiretamente na modulação autônoma. A manipulação do feedback com falsa percepção pode possibilitar a compreensão da influência de uma variável de crença sob aspectos autônomos.

O feedback fisiológico com falsa percepção das emoções e dos estados internos (sensações fisiológicas) foi introduzido por Valins (1966). Nesta pesquisa foi apresentado aos participantes do sexo masculino fotografias de mulheres. Enquanto os participantes ouviam um som gravado do batimento cardíaco os mesmos pensavam erroneamente ser seu próprio batimento de coração. Os participantes apresentaram o batimento cardíaco mais elevado quando escutavam batimentos cardíacos elevados durante a observação de imagens mais

atraenetes. Foi concluído nesta pesquisa que a retroalimentação fisiológica falsa pode interferir na experiência emocional (Valins, 1966).

Pesquisas que utilizaram especificamente a manipulação do feedback do biofeedback cardiorrespiratório e seu efeito na VFC não foram encontradas. Por outro lado, a pesquisa Swanson et al. (2009) considerou o grupo experimental com o biofeedback cardiorrespiratório com base no protocolo de P. M. Lehrer et al. (2004) e o grupo controle como um grupo placebo. Entretanto o grupo placebo realizou a intervenção de EEG biofeedback. Este método placebo não produziu efeitos cardiovasculares significativos e foi empiricamente estabelecido como um placebo eficaz conforme P. M. Lehrer et al. (2004).

Outra pesquisa (Paul & Garg, 2012) investigou o biofeedback cardiorrespiratório e também utilizou como grupo placebo, sendo com uma intervenção motivacional. Para isso, os autores dividiram 3 grupos de atletas, todos com um mínimo de 20 pontos no inventário de ansiedade estado e traço. Um grupo foi o experimental (com a intervenção de biofeedback cardiorrespiratório), o outro grupo foi um placebo (intervenção motivacional) e o último grupo foi um controle (sem intervenção). O grupo biofeedback recebeu um treinamento durante 10 dias consecutivos durante 20 minutos de sessão, com o treinamento da frequência de ressonância (coerência cardíaca) por meio do controle do ritmo respiratório. O grupo placebo recebeu apresentação de um vídeo motivacional durante os 10 dias, no tempo de 10 minutos. E o grupo controle não recebeu nenhuma intervenção. O grupo placebo mostrou melhora na auto-eficácia e na performance pós treinamento e o grupo controle não apresentou resultados significativos. No entanto, para o grupo de biofeedback, os resultados foram mais relacionados com a diminuição da ansiedade e efeitos sobre a índices da VFC. O treino da respiração realizado por meio do biofeedback cardiorrespiratório se associou com a moderação do aumento da atividade simpática e um aumento de atividade do nervo vago.

Estes dois estudos não manipularam o feedback do biofeedback cardiorrespiratório mas caracterizaram o placebo como um grupo ativo para comparar a eficácia da técnica com outra técnica que também pode produzir efeitos. Já o estudo de Lazarov et al. (2010) manipulou o feedback do biofeedback cardiorrespiratório em participantes com tendências obsessivas compulsivas mas não registraram os índices da VFC.

O biofeedback pode envolver características placebo já que coloca o participante em uma postura de prevenção e tratamento (Stroebel & Glueck, 1973). Além disso, tem-se o fato do indivíduo

receber feedbacks positivos constantes, sendo emocionalmente reforçador. A pesquisa de Stroebel and Glueck (1973) mostrou que a técnica de biofeedback real e biofeedback placebo não se diferenciaram no que se refere ao aumento de relaxamento no indivíduo. Os autores concluíram que a falsa percepção dos processos internos pode contribuir para as mudanças fisiológicas

A partir do exposto, este estudo de tese foi realizado na Universidade Federal de Santa Catarina, no LANESPE/LEC e visou investigar o feedback do biofeedback cardiorrespiratório em índices da VFC e na coerência cardíaca em uma sessão aguda de 10 minutos de intervenção.

Realizou-se a pergunta, “Existem diferenças nos efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo no sistema nervoso autônomo?”. Para esta pergunta o item a seguir mostra os objetivos deste estudo.

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo geral

Investigar os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo no sistema nervoso autônomo.

3.2.2 Objetivos específicos

- Investigar e comparar o efeito das duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório associado com ao feedback real e feedback placebo no sistema nervoso autônomo.
- Comparar o efeito da etapa (sessão vs. pós teste) e da performance (bons aprendizes da coerência cardíaca vs. fracos aprendizes da coerência cardíaca) do biofeedback cardiorrespiratório com feedback real e com feedback placebo.
- Investigar diferenças entre o biofeedback com feedback real e o biofeedback com feedback placebo para as etapas e interação com a performance no sistema nervoso autônomo..
- Verificar as diferenças do relato sobre auto-percepção dos participantes após a intervenção com o biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e feedback placebo.

3.3 Método

Este estudo foi desenvolvido na Universidade Federal de Santa Catarina, no LANESPE/LEC (Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício e Laboratório de Educação Cerebral). O design experimental deste estudo foi baseado na manipulação do feedback do biofeedback cardiorrespiratório em duas curtas sessões.

Este estudo propõe investigar os efeitos de duas curtas sessões de biofeedback cardiorrespiratório associado com ao feedback real e ao feedback placebo no sistema nervoso autônomo. O sistema nervoso autônomo foi investigado por meio do parâmetro da variabilidade da

frequência cardíaca (VFC). A coerência cardíaca foi o ponto central para o treino durante as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório, e também foi um índice mensurado. Os itens deste método descrevem cada instrumento e etapa necessária para o registro e análise dos dados. As tabelas, figuras e os gráficos apresentados no estudo 1 estão organizados de forma independente do estudo 2, assim como os anexos e apêndices.

3.3.1 Participantes

Participaram deste estudo 26 jovens adultos (media de idade = 23.0 anos, DP = 3.99, 5 homens, 21 mulheres) com visão normal ou corrigida. A média de escolaridade (medida por anos formais de estudo) foi de 15.54 anos de estudo (DP=3.82). A maioria dos participantes eram estudantes de graduação e de mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina, e participaram deste experimento de forma espontânea.

Os participantes não estavam inseridos em programas de exercício físico regular, yoga e meditação há pelo menos 6 meses e relataram nunca ter realizado qualquer sessão de biofeedback. Ressalta-se que técnicas de controle da respiração são especialmente realizadas em práticas de yoga e meditação e podem influenciar no aumento da variabilidade da frequência cardíaca e no índice de coerência cardíaca (Kranitz et al., 2002; Recordati, 2003; E. G. Vaschillo et al., 2006a). Tendo em vista que esta pesquisa objetiva investigar duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório, com o treino da coerência cardíaca, o domínio prévio de técnicas de respiração podem influir no desempenho durante a sessão de biofeedback que foi realizada neste experimento. Por isso só foram examinados participantes não praticantes de yoga e meditação.

Todos os participantes foram considerados saudáveis (auto-relato), sem relato de condições psiquiátricas, neurológicas, cardiovasculares e respiratórias e diabetes mellitus. Os participantes não apresentaram histórico de lesão cerebral, não relataram o uso de substâncias ilícitas ou não prescritas por um médico há pelo menos 6 meses, e não estavam sob uso de nenhuma medicação para alteração de humor. As mulheres incluídas no estudo não estavam no ciclo menstrual.

A pressão arterial foi mensurada como controle de variável e caracterização dos participantes antes da sessão de biofeedback

cardiorrespiratório associada ao feedback real e antes da sessão de biofeedback associada ao feedback placebo. Os participantes apresentaram antes das duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório a pressão diastólica e sistólica normais (<130 e <85). O teste T pareado não mostrou diferenças significativas para a pressão diastólica ($t(25)=-.64$, $p=.52$) e sistólica ($t(25)=.18$, $p=.85$) registrada antes das duas sessões. Este estudo foi aprovado pelo comitê de ética de pesquisa no Brasil (protocolo 08932612.9.0000.0121) e foi aprovado pelo Departamento de Pós-Graduação de Psicologia da Universidade Federal de Santa Catarina. Antes da participação, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 3).

3.3.2 Questionários

Os questionários foram utilizados neste estudo para controlar variáveis associadas às características dos participantes. Foi realizada uma breve ficha de dados (Apêndice 1) para obter informações das características individuais (exemplo, idade, sexo, escolaridade, uso de substâncias, exercício físico), e para mapear se os participantes já praticavam técnicas de yoga e meditação. Devido a manipulação feedback no biofeedback cardiorrespiratório, após a sessão os participantes foram sondados se suspeitaram de feedback placebo, como também foram questionados quanto a auto percepção das sensações (Apêndice 2: Questionário pós sessão de biofeedback).

Para o controle do estado emocional foi administrada a escala Brunel (Brums) (Anexo 1: Brums) (Rohlfs et al., 2008) e a Escala de Estresse Percebido (Luft, Sanches, Mazo, & Andrade, 2007) (Anexo 2). A escala Brunel consiste em escala de 24 itens agrupados em cinco dimensões: raiva, confusão, depressão, fadiga, tensão e vigor. A pergunta é: "Como você se sente agora?" e a resposta é classificado em pontos que variam de 5 a 0. Essa escala foi adaptada e validada para o Português (Brasil) com base no "Profile of Mood States" e envolveu o método de tradução-tradução reversa (Rohlfs et al., 2008).

A Escala de Estresse Percebido (Luft et al., 2007) (Anexo 2) é uma escala adaptada e validada para o Português (Brasil). Esta também é uma escala de Likert com 14 questões que vão de 0 a 4. Nesta escala existem 7 itens com uma pontuação inversa e a escala mostra uma pontuação total que representa o estresse percebido do sujeito.

3.3.3 O Biofeedback Cardiorrespiratório: Hardware e Software

O Nexus-10® hardware (Mind Media BV) (Figura 1) e o software BioTrace® foram utilizados para conduzir as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório (associado ao feedback real e ao feedback placebo), além de registrar os intervalos R-R e a coerência cardíaca. O Nexus-10® é capaz de registrar os seguintes sinais fisiológicos: eletroencefalograma, eletrocardiograma, eletromiograma, temperatura corporal, o volume de pressão arterial, a resposta galvânica da pele e a respiração. O hardware transfere os dados via Bluetooth para o software (Biotrace®) com uma taxa de amostragem de gravação de 1024 por segundo.

Como o objetivo da sessão de biofeedback cardiorrespiratório deste experimento foi o treino da coerência cardíaca, foram utilizados somente os sensores do Nexus-10® relacionados ao registro dos intervalos R-R e da respiração. Desta forma, foram utilizados os canais do eletrocardiograma (ECG) e da respiração. Para adquirir o sinal dos intervalos R-R foi realizado o registro cardíaco por meio de três eletrodos do ECG, baseados no triângulo de Einthoven, sendo um destes eletrodos a referência. Os eletrodos foram colocados na região torácica do participante. Para registrar a taxa respiratória, uma cinta composta por um sensor acoplado internamente foi colocado na região abdominal do participante, sendo capaz de registrar a frequência e amplitude da respiração. A figura 1 mostra a imagem do Nexus-10 hardware.



Figure 1: Nexus-10 hardware

O software BioTrace® foi utilizado para realizar as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório, possibilitando a apresentação de feedback (real e placebo) da coerência cardíaca momento a momento durante o sessão de registro. O software Biotrace® realizou o cálculo da coerência cardíaca em tempo real com base no cálculo de correlação (correlação de Pearson) entre dois sinais fisiológicos (a frequência cardíaca e a frequência respiratória) no domínio da frequência.

Os valores para a coerência cardíaca eram entre “1” (correlação positiva entre a frequência cardíaca e a frequência respiratória) “-1” (correlação negativa entre a frequência cardíaca e a frequência respiratória). Durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, os participantes tentaram aumentar a coerência cardíaca, e para isso o valor de referência deveria estar o mais próximo possível de “1”. Se o valor durante o treino de biofeedback ficava próximo a “-1” era relacionado à menor coerência cardíaca.

Para a apresentação do feedback o software Biotrace® possibilita a construção personalizada do display. A pesquisadora configurou o display do feedback com uma imagem de uma flor e uma imagem de uma barra. As imagens da flor e da barra se movimentavam (a flor abria e fechava e a barra aumentava de tamanho e diminuía de tamanho) conforme o treino da coerência cardíaca. Além disso, era

possível visualizar o sinal do ECG durante o registro das sessões. O sinal do ECG não era um feedback, mas era apresentado para que a pesquisadora pudesse acompanhar a recepção do sinal cardíaco do participante, a fim de averiguar se estava captando adequadamente. A Figura 1 mostra o display apresentado para o participante durante as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório:

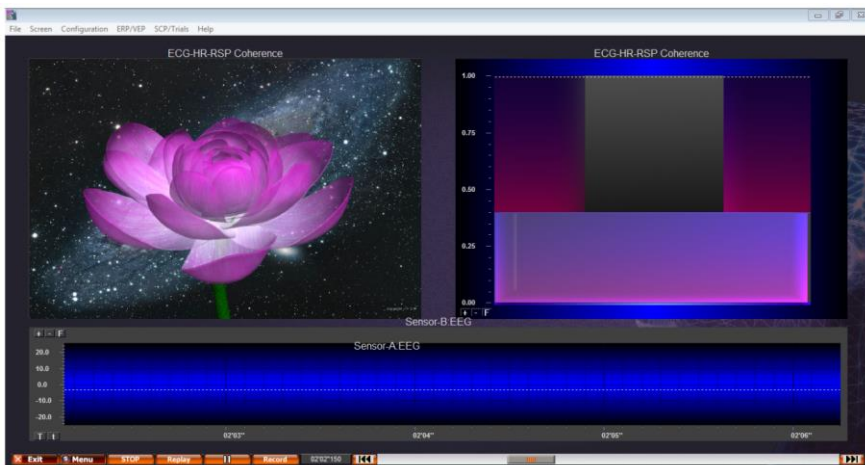


Figura 2: Display das sessões de Biofeedback cardiorrespiratório

Este mesmo display foi apresentado tanto para a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real, quanto para a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback placebo. O item a seguir irá descrever como foram as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório.

3.3.4 A sessão de Biofeedback Cardiorrespiratório

Todos os participantes participaram das duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo. O intervalo para cada sessão foi de 7 a 10 dias em condições contrabalanceadas (a primeira sessão de 13 participantes foi associado ao feedback real e a primeira sessão de 13 participante foi associado ao feedback placebo).

Para a sessão com feedback real os participantes observaram no display o seu próprio sinal de treino da coerência cardíaca. Por outro lado, na sessão que envolveu o feedback placebo, os participantes observaram uma gravação com feedback falso da coerência cardíaca. Esta gravação que os participantes foram expostos era uma gravação aleatória, e não mostrou o feedback do sinal de coerência cardíaca do próprio participante. Todos os participantes observaram a mesma gravação com feedback falso e todos receberam as mesmas instruções nas duas sessões como mostra abaixo:

"O objetivo desta pesquisa é investigar o efeito da sessão de biofeedback cardiorrespiratório na variabilidade da frequência cardíaca e na coerência cardíaca. A variabilidade da frequência cardíaca é um índice do sistema nervoso autônomo e é capaz de fornecer parâmetros que podem se relacionar com o sistema nervoso simpático e parassimpático. A coerência cardíaca é caracterizada pela sincronização da frequência cardíaca com a respiração. A técnica de biofeedback cardiorrespiratório visa o treino da sua coerência cardíaca. Esta técnica pode ter efeitos positivos no aumento da variabilidade da frequência cardíaca e pode se relacionar com a diminuição do estresse e da ansiedade. Durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório você irá visualizar na tela do computador a imagem de uma flor e de uma barra, que irão caracterizar o feedback da coerência cardíaca. A sua tarefa será treinar abrir a flor e treinar aumentar o tamanho da barra. Quanto mais você abrir a flor e quanto mais você aumentar o tamanho da barra mais você estará treinando o aumento da sua coerência cardíaca. Para executar esta tarefa você pode adotar várias estratégias que você pode descobrir por si mesmo, mas algumas alternativas, como focar sua atenção, manter um padrão de respiração suave, e treinar uma exalação maior do que a inalação, podem funcionar melhor do que outras estratégias. Pode demorar um pouco para a flor abrir e para aumentar o tamanho da barra, mas é importante que continue treinando. Tente relaxar e evitar fazer movimentos bruscos. Se você se sentir cansado ou se sentir tonto, busque manter a sua respiração tranquila e suave. É importante destacar que não existe certo ou errado quanto a sua escolha de estratégia para aumentar a sua coerência cardíaca. A sessão irá durar 10 minutos. "

A instrução foi realizada igualmente para todos os participantes por meio verbal. Todos participantes foram informados que a técnica de

biofeedback cardiorrespiratório poderia trazer benefícios para diminuição de estresse e ansiedade. Na primeira sessão todos os participantes foram expostos a 3 minutos de familiarização com a técnica de biofeedback cardiorrespiratório, e somente após alguns minutos iniciaram a sessão. Os procedimentos para a coleta de dados estão apresentando a seguir.

3.3.5 Procedimentos e registro dos dados

A coleta de dados foi realizada no LANESPE/LEC (Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício e Laboratório de Educação Cerebral) da Universidade Federal da Santa Catarina. Todos os participantes foram avaliados individualmente, com horário previamente marcado.

A coleta de dados se iniciou com a apresentação do termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndice 3) e com o preenchimento dos questionários de controle: ficha de dados (Apêndice 1), Brums (Anexo 1) e Escala de Estresse percebido (Anexo 2). Em seguida foi registrada a pressão arterial, colocado os três eletrodos cardíacos na região torácica e a cinta respiratória na região abdominal do participante.

O registro dos intervalos R-R e da coerência cardíaca foram realizados primeiramente em estado de repouso durante 5 minutos (repouso 1). Após o registro em repouso, na primeira sessão todos os participantes foram expostos a 3 minutos de familiarização do biofeedback cardiorrespiratório. Este processo de familiarização foi realizado apenas antes da primeira sessão, e neste momento os participantes foram instruídos sobre o biofeedback cardiorrespiratório. Terminada a fase de familiarização, os participantes ficaram em repouso durante 5 minutos antes de iniciar a sessão de biofeedback cardiorrespiratório.

Para a segunda sessão os participantes não foram submetidos à familiarização, já que não seria mais novidade o que deveria ser realizado durante o experimento. No entanto, antes de iniciar a segunda sessão todos os participantes receberam as mesmas instruções que foram dadas na primeira sessão. Nas duas sessões foi sugerido aos participantes como estratégia para aumentar a coerência cardíaca o treino da sincronia da respiração com uma exalação mais longa do que a inalação, manter o foco de atenção, e tentar relaxar. Após a sessão com

o biofeedback cardiorrespiratório foi registrado o estado de repouso novamente (repouso2=pós teste) durante 5 minutos. Durante todo o registro dos dados fisiológicos os participantes foram orientados a relaxar e evitar fazer movimentos bruscos.

Os participantes não foram informados se o feedback do biofeedback cardiorrespiratório era real ou placebo. O intervalo entre a primeira sessão e a segunda sessão foi de 7 a 10 dias, e a exposição ao tipo do feedback (real ou placebo) foi contrabalanceado. A sessão durou 10 minutos e o experimento completo durou aproximadamente 1 hora e 15 minutos. e os participantes foram contrabalançadas.

A figura abaixo mostra de forma didática os procedimentos de coleta de dados do estudo 1:

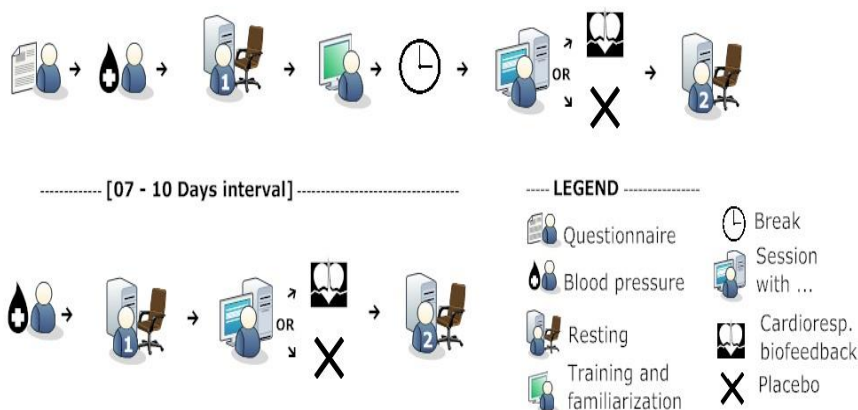


Figura 3: Procedimentos de coleta de dados

A seguir será descrito como os dados foram tratados e analisados.

3.3.6 Análise da VFC e da coerência cardíaca

Para a análise da VFC antes (repouso 1), durante (sessão de biofeedback) e depois (pós teste) os dados foram gerados e salvos em um arquivo *txt* com o valor dos intervalos RR(s). Os dados foram exportados para Kubios HRV Analysis Software. O Kubios HRV Analysis é um software desenvolvido para executar diferentes análises

da variabilidade da frequência cardíaca (análise no domínio do tempo, domínio da frequência e análise não linear).

Os dados foram processados no Kubios HRV com redução de artefato médio, remoção do *trend components* por meio do *smooth priors method* ($\lambda = 500fc = 0.035hz$), com interpolação RR de 4Hz, janela espectral FFT de 2048(s), 25% *overlap window*, 16 AR *order model spectrum* com uso de fatoração. Foram analisados os parâmetros da VFC: domínio do tempo análises (HR1/min, RRms, SDNNms, RMSSDms, pNN50%) análise do domínio da frequência (razão LF/HFms², LF%, HF%), análise de Poincaré (SD1ms, SD2ms), entropia aproximada (ApEn), as flutuações depuradas de curto prazo (DFA: α 1) e de longo prazo (DFA: α 2) e correlações de dimensão (D2) (Tarvainen et al., 2014). O índice de coerência cardíaca foi gerado por meio do Biotrace®. Os indicadores da VFC e da coerência cardíaca foram analisados durante 5 minutos de repouso (repouso 1), durante os primeiros 5 minutos de biofeedback, durante os 5 últimos minutos de biofeedback e durante o repouso final (pós teste).

Para as duas sessões, a coerência cardíaca e cada índice da VFC analisados para as etapas: primeiros 5 minutos da sessão de biofeedback, últimos 5 minutos da sessão de biofeedback e pós teste; foram normalizados pelo repouso1 para diminuir as diferenças individuais. Desta forma a coerência cardíaca e os índices da VFC registrados para o repouso1 não foram utilizados na análise estatística já que serviu para normalizar os índices das outras etapas de registro.

Após normalizar a coerência cardíaca e cada índice da VFC para cada etapa pelo repouso1, foi computado o valor da média da sessão de biofeedback para cada índice (média dos primeiros 5 minutos de biofeedback e dos últimos 5 minutos de biofeedback). A média de cada índice da VFC durante a sessão de biofeedback foi realizada para obter um valor médio da durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório em cada sessão.

Em seguida foi obtido o valor da mediana da média da coerência cardíaca durante a sessão de biofeedback com feedback real. Os participantes que apresentaram a média da coerência cardíaca durante o biofeedback acima da mediana foram caracterizados como “performance boa” durante o treino de biofeedback; e os participantes que apresentaram a média da coerência cardíaca durante o biofeedback abaixo da mediana foram caracterizados como “performance fraca” durante o treino de biofeedback.

3.3.7 Análise Estatística

Os dados foram organizados e tabulados por meio do SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 19.0. Após a tabulação e conferência do banco de dados, as variáveis do estudo foram analisadas descritivamente, por meio de medidas de tendência central (média, mediana e moda) e variabilidade (desvio-padrão, variação, intervalos de confiança da média, etc.), de acordo com os respectivos níveis de mensuração.

Foram buscadas inconsistências nos dados e valores desviantes por meio de gráficos de caixa. A distribuição das variáveis mensuradas em nível intervalar foi analisada por meio de histogramas, e testada por meio do teste de normalidade de kolmogorov-smirnov.

A seguir segue a descrição da análise estatística para os primeiros 3 objetivos específicos deste estudo (objetivos específicos: Investigar e comparar o efeito das duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório associado com ao feedback real e feedback placebo no sistema nervoso autônomo; Comparar o efeito da etapa (sessão vs. pós teste) e da performance (bons aprendizes da coerência cardíaca vs. fracos aprendizes da coerência cardíaca) do biofeedback cardiorrespiratório com feedback real e com feedback placebo; e investigar diferenças entre o biofeedback com feedback real e o biofeedback com feedback placebo para as etapas e interação com a performance no sistema nervoso autônomo).

A performance de coerência cardíaca durante a sessão de biofeedback com feedback real foi um fator para a análise da ANOVA, visando investigar se a performance durante o biofeedback com feedback real apresentou alguma relação com os efeitos obtidos na variabilidade da frequência cardíaca (efeitos refletidos no fator feedback e etapas). As análises estatísticas com a ANOVA 2x2x2 para cada índice da VFC e para a coerência cardíaca evoluiu: a sessão associada ao feedback real e a sessão associada ao feedback placebo; a etapa, que se refere ao biofeedback e ao repouso² (repouso²=pós teste) para cada sessão; e a performance da coerência cardíaca na sessão com feedback real (performance boa e performance fraca durante o biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real). Optou-se por classificar os participantes por meio da performance na coerência cardíaca como bons aprendizes de coerência cardíaca e fracos aprendizes de coerência cardíaca. A classificação da performance foi baseada na sessão com feedback real uma vez que a aprendizagem durante o feedback placebo

caracterizado por estímulo aleatório não fez sentido (mesmo podendo influir na coerência cardíaca, a aprendizagem não se relacionou ao próprio feedback fisiológico do participante).

O último objetivo específico “Verificar as diferenças do relato sobre auto-percepção dos participantes após a intervenção com o biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e feedback placebo” foi investigado e analisado com o questionário. Para analisar o questionário pós sessão de biofeedback com feedback e com feedback placebo foi realizado o teste não paramétrico Qui Quadrado com análise de McNemar. As respostas do questionário foram tabuladas no SPSS como variáveis com respostas (0=não 1=sim).

Foi também realizado o teste T pareado e teste T independente para análises complementares a ANOVA 2x2x2.

Os questionários de controle como a escala de humor de Brunel (Rohlf's et al., 2008) e escala de Estresse Percebido (Luft et al., 2007) também foram analisados. Para a escala de humor de Brunel as dimensões foram investigadas: raiva (itens 7 + 11 + 19 + 22), confusão mental (itens 3 + 9 + 17 + 24), depressão (itens 5 + 6 + 12 + 16), fadiga (itens 4 + 8 + 10 + 21), tensão (itens 1 + 13 + 14 + 18) e vigor (itens 2 + 15 + 20 + 23). Para investigar se houve diferença antes da sessão de biofeedback associado ao feedback real e antes de sessão de biofeedback associado ao feedback placebo, foi utilizado o teste T pareado não paramétrico (Wilcoxon).

A escala de Estresse Percebido (Luft et al., 2007) foi analisada por meio do escore total. Para somar o escore total 7 itens desta escala apresentavam o escore inverso (itens 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13). Foi administrado o teste T Independente para comparar o escore total da escala de estresse antes da primeira sessão. Foi comparado 13 participantes que iniciaram a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real com 13 participantes que iniciaram a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback placebo.

3.4 Resultados

A análise dos índices da variabilidade da frequência cardíaca e da coerência cardíaca serão descritos por meio da análise 2 (feedback: placebo vs. real) x 2 (etapa: biofeedback vs. pós teste) x 2 (performance: boa vs. fraca) ANOVA. Para esta análise foi verificado o efeito do feedback, efeito da interação Feedback vs. Performance, efeito da etapa (Biofeedback vs. pós teste), efeito da interação Etapa vs. Performance, efeito da interação Feedback vs. Etapa, e efeito da interação Feedback vs. Etapa vs. Performance.

A performance na coerência cardíaca durante a sessão de biofeedback com feedback real foi um fator para a análise da ANOVA, visando investigar se o nível de aprendizagem de coerência cardíaca durante o biofeedback com feedback real apresentou alguma relação com os efeitos obtidos na variabilidade da frequência cardíaca (efeitos refletidos no fator feedback e etapas). A performance de coerência cardíaca foi baseada no valor da mediana da média da coerência cardíaca durante a sessão de biofeedback com feedback real. Para a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real a mediana foi de .30. Os participantes que ficaram acima do valor da mediana em cada sessão foram caracterizados na categoria “performance boa ou bons aprendizes” e os participantes que ficaram igual ou abaixo do valor da mediana foram classificados como “performance fraca ou fracos aprendizes”.

3.4.1 Coerência cardíaca e VFC durante as duas sessões de biofeedback cardiorrespiratório e pós teste

Os resultados da análise da ANOVA 2x2x2 são antecidos pelas análises descritivas dos índices da VFC e da coerência cardíaca para o biofeedback, pós teste, performance boa durante biofeedback, performance fraca durante biofeedback, pós teste após performance boa e pós teste após performance fraca. Nota-se que os valores para cada índice da VFC e da coerência cardíaca foram normalizados pelo repouso 1. Desta forma, os valores apresentados nas tabelas descritivas são os índices normalizados. No apêndice 4 consta a análise descritiva dos índices da VFC e da coerência cardíaca sem a normalização e sem a média dos primeiros 5 minutos de biofeedback e dos últimos 5 minutos

de biofeedback (Apêndice 4: Análise descritiva dos índices da VFC e da coerência cardíaca sem normalização).

A seguir a tabela 1 mostra a análise descritiva dos índices normalizados do domínio do tempo da VFC sem considerar o fator da performance no biofeedback com feedback real, e considerando o fator performance do biofeedback com feedback real.

Tabela 1: Média e Desvio Padrão no domínio do tempo da VFC

Média (DP)							
VFC/Sessão de biofeedback com feedback real e feedback placebo		Biofeedback (n=26)	Pós teste (n=26)	Biofeedback Performance boa (n=13)	Biofeedback Performance fraca (n=13)	Pós teste Performance boa (n=13)	Pós teste Performance fraca (n=13)
HR 1/min	Real	-.67 (3.35)	-2.66(5.13)	-1.48(3.2)	.13(3.41)	-2.08(3.13)	-3.24(6.66)
	Placebo	.23 (4.60)	-1.93(5.34)	-.001(5.24)	.47(4.05)	-.40(4.3)	-3.45(5.99)
RR ms	Real	6.96 (33.9)	20.78(49.1)	15.62(27.5)	-1.78(38.4)	17.75(25.9)	23.81(65.8)
	Placebo	-2.66(51.5)	14.73(52.7)	3.66(52.9)	-8.99(51.3)	5.66(42.6)	23.8(61.5)
SDNN ms	Real	16.77(17.49)	4.1 (15.16)	23.5(16.55)	10.4(16.29)	3.48(7.61)	4.88(20.4)
	Placebo	12.74(22.57)	5.88(17.37)	17.75(17.33)	7.74(26.58)	2.65(16.4)	9.12(18.3)
RMSSD ms	Real	7.58 (10.04)	3.54(11.18)	11.88(11.02)	3.39(6.96)	2.44(7.48)	4.64(14.2)
	Placebo	3.09 (17.14)	2.91(21.27)	5.53(21.26)	.65(12.12)	-.62(22.22)	6.46(20.5)
pNN50 %	Real	4.10 (6.20)	2.45(8.16)	7.37(6.96)	.84(3.22)	2.08(7.34)	2.82(9.19)
	Placebo	3.60 (10.09)	1.68(9.65)	6.71(11.54)	.49(7.63)	1.01(11.79)	2.35(7.36)

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; HR= heart rate (frequência cardíaca); RR= média dos intervalos de tempo R-R; SDNN= Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms; RMSSD= Índice de medida da VFC que representa a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes; pNN50= Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; representa atividade parassimpática.

A tabela 2 mostra a análise 2 (feedback: placebo vs. real) x 2 (etapa: biofeedback vs. Pós teste) x 2 (performance: boa vs. fraca) ANOVA para os índices da VFC do domínio do tempo:

Tabela 2: Domínio do tempo da VFC (ANOVA 2x2x2)

Domínio do tempo da VFC - 2 x 2 x 2 ANOVA						
VFC	Efeito do feedback	Efeito da interação Feedback vs. Performance	Efeito da etapa Biofeedback vs. Pós teste	Efeito da interação Etapa vs. Performance	Efeito da interação Feedback vs. Etapa	Efeito da interação Feedback vs. Etapa vs. Performance
HR 1/min	p=.35 F(1,24)=.88 $\eta^2=.36$	p=.39 F(1,24)=.75 $\eta^2=.030$	p=.021 F(1,24)=6.05 $\eta^2=.20$	p=.075 F(1,24)=3.47 $\eta^2=.126$	p=.88 F(1,24)=.022 $\eta^2=.001$	p=.74 F(1,24)=.10 $\eta^2=.004$
RR ms	p=.38 F(1,24)=.78 $\eta^2=.032$	p=.63 F(1,24)=.22 $\eta^2=.009$	p=.064 F(1,24)=3.75 $\eta^2=.135$	p=.10 F(1,24)=2.83 $\eta^2=.10$	p=.76 F(1,24)=.09 $\eta^2=.004$	p=.75 F(1,24)=.10 $\eta^2=.004$
SDNN ms	p=.78 F(1,24)=.07 $\eta^2=.003$	p=.62 F(1,24)=.248 $\eta^2=.010$	p=.007 F(1,24)=8.69 $\eta^2=.26$	p=.026 F(1,24)=5.64 $\eta^2=.19$	p=.081 F(1,24)=3.32 $\eta^2=.12$	p=.79 F(1,24)=.067 $\eta^2=.003$
RMSSD ms	p=.49 F(1,24)=.48 $\eta^2=.020$	p=.56 F(1,24)=.34 $\eta^2=.014$	p=.35 F(1,24)=.89 $\eta^2=.036$	p=.018 F(1,24)=6.50 $\eta^2=.213$	p=.25 F(1,24)=1.35 $\eta^2=.053$	p=.86 F(1,24)=.032 $\eta^2=.001$
pNN50 %	p=.74 F(1,24)=.10 $\eta^2=.004$	p=.90 F(1,24)=.013 $\eta^2=.001$	p=.20 F(1,24)=1.68 $\eta^2=.066$	p=.013 F(1,24)=7.25 $\eta^2=.232$	p=.87 F(1,24)=.027 $\eta^2=.001$	p=.92 F(1,24)=.008 $\eta^2<.001$

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; HR= heart rate (frequência cardíaca); RR= média dos intervalos de tempo R-R; SDNN= Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms; RMSSD= Índice de medida da VFC que representa a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes; pNN50= Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; representa atividade parassimpática.

A Tabela 2 mostrou efeitos para HR, SDNN, RMSSD e pNN50 para efeito da etapa e efeitos da interação (etapa vs. Performance). Para os índices HR e SDNN foram encontrados efeitos para a etapa (biofeedback vs. Pós teste) . O teste t pareado mostrou diferença significativa entre o biofeedback e o pós teste somente para o biofeedback com feedback real no índice HR ($t(25)=2.18$, $p=.039$) e SDNN ($t(25)=3.45$, $p=.002$) sem interação com a performance. Durante o biofeedback com feedback real o índice HR e SDNN diminuíram durante o pós teste em relação ao biofeedback.

Ao considerar a performance, o índice HR mostrou efeito para etapa somente para a performance fraca no biofeedback com feedback real (biofeedback vs. pós teste) ($t(12)=2.33$, $p=.038$), indicando

diminuição de HR no pós teste na sessão com feedback real. Além disso, os índices SDNN, RMSSD e pNN50 mostraram efeito de interação para etapa vs. performance. O índice SDNN também mostrou diferença significativa entre o biofeedback e o pós teste considerando como fator na análise a performance. Para o índice SDNN foi encontrada diferença significativa na etapa para o biofeedback com feedback real para os participantes com performance boa ($t(12)=4.76$, $p<.001$) e para o biofeedback com feedback placebo para os participantes com performance boa ($t(12)=3.30$, $p=.006$). Os índices RMSSD e pNN50 mostraram diferença significativa entre o biofeedback e o pós teste somente para a performance boa e para a sessão com feedback real (RMSSD $t(12)=2.85$, $p=.015$; pNN50 $t(12)=2.25$, $p=.043$) e feedback placebo (RMSSD $t(12)=2.90$, $p=.013$; pNN50 $t(12)=2.73$, $p=.018$). Os índices SDNN, RMSSD e pNN50 só mostraram diferença significativa para a etapa e para a performance boa, com a diminuição dos valores dos respectivos índices no pós teste.

O teste T independente mostrou uma diferença significativa entre a performance boa e a performance fraca durante o biofeedback com feedback real para os índices SDNN ($t(24)=2.08$, $p=.048$), RMSSD ($t(24)=2.37$, $p=.026$) e pNN50 ($t(24)=3.06$, $p=.005$).

Os resultados dos índices do domínio do tempo da VFC sugerem que a sessão com biofeedback com feedback real e feedback placebo mostraram maior efeito para a performance boa durante o biofeedback e diminuiu o efeito no pós teste. Foi verificado também que durante a sessão de biofeedback com feedback real ocorreu uma diferença significativa entre performance boa e performance fraca o que sugere que durante a sessão com feedback real o fator da performance teve maior impacto para o aumento dos índices SDNNms, RMSSDms e pNN50% durante a sessão.

Os gráficos 1, 2, 3, 4, 5 mostram os índices do domínio do tempo da VFC. A linha azul representa o feedback real do biofeedback e a linha vermelha representa o feedback placebo do biofeedback. O eixo x representa as etapas (stage), sendo primeiramente o biofeedback cardiorrespiratório e em seguida o pós teste (resting 2). O eixo y representa a medida da variável da VFC. As figuras foram colocadas de forma reduzida a fim de possibilitar uma visualização conjunta de todos os índices do domínio do tempo da VFC.

Gráfico 1: HR

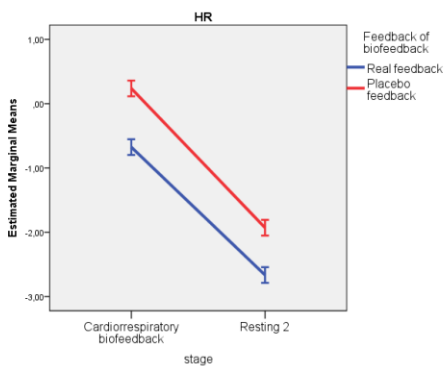


Gráfico 2: RR

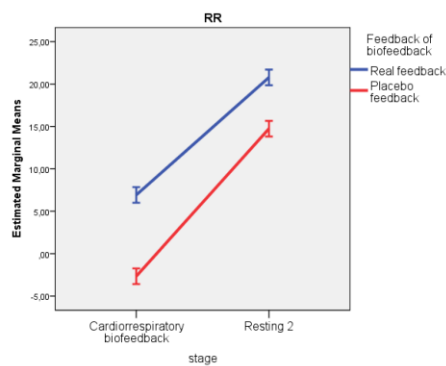


Gráfico 3: SDNN

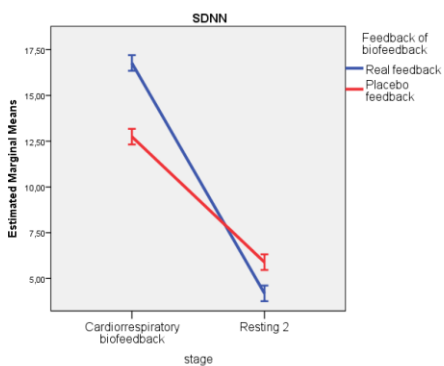


Gráfico 4: RMSSD

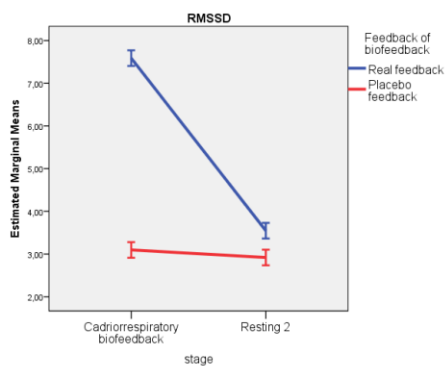
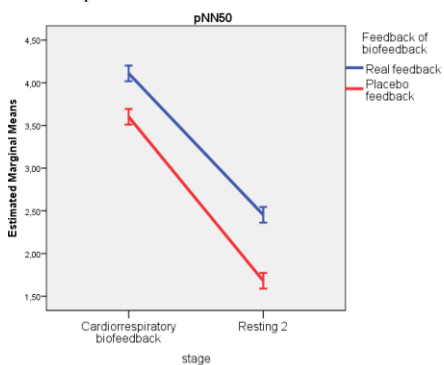


Gráfico 5: pNN50



Os gráficos 1, 2, 3, 4 e 5 mostram os índices HR 1/min, RRms, SDNNms, RMSSDms e pNN50% respectivamente. A linha azul representa o feedback real do biofeedback e a linha vermelha representa o feedback placebo do biofeedback. O eixo x representa as etapas (stage), sendo primeiramente o biofeedback cardiorrespiratório e em seguida o pós teste (resting 2). As figuras foram colocadas de forma reduzida a fim de possibilitar uma visualização conjunta de todos os índices do domínio do tempo da VFC.

A tabela 3 mostra a análise descritiva da coerência cardíaca e dos índices do domínio da frequência da VFC.

Tabela 3: Média e Desvio Padrão da coerência cardíaca e domínio da frequência da VFC

Média (DP)							
VFC/Sessão de biofeedback com feedback real e feedback placebo		Biofeedback (n=26)	Pós teste (n=26)	Biofeedback Performance boa (n=13)	Biofeedback Performance fraca (n=13)	Pós teste Performance boa (n=13)	Pós teste Performance fraca (n=13)
LF/HF ms ²	Real	3.20 (6.12)	.30 (2.41)	4.34(6.29)	2.07(5.97)	.12(1.36)	.48(3.19)
	Placebo	2.4 (4.46)	.45(2.24)	3.27(5.79)	1.53(2.49)	.38(2.18)	.53(2.38)
LF%	Real	4.76 (24.1)	-5.17(12.5)	12.96(25.5)	-3.44(20.25)	-3.76(15.9)	-6.59(8.42)
	Placebo	8.87 (22.08)	2.96(19.66)	7.51(22.52)	10.2(22.46)	.20(19.2)	5.72(20.4)
HF%	Real	-4.15(22.9)	4.6 (12.61)	-10.66(24.09)	2.36(20.58)	4.41(15.11)	4.78(10.1)
	Placebo	-7.43 (22.6)	-4.2(20.78)	-3.80(24.3)	-11.07(21.2)	-2.10(22.9)	-6.29(19.05)
Coerência cardíaca(s)	Real	.31 (.27)	.07 (.18)	.51(.16)	.12(.21)	.16(.15)	-.0015(.17)
	Placebo	.29 (.30)	.07 (.13)	.45(.25)	.12(.26)	.10(.14)	.04(.12)

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; razão LF/HFms²= Relação entre os componentes LF (low frequency) e HF (high frequency); LF%= low frequency (baixa frequência) em porcentagem com variação entre .04 e .15Hz; HF%= high frequency (alta frequência) em porcentagem com variação de .15 a .4Hz; Coerência cardíaca= caracterizada pelo aumento no componente de LF, com simultânea diminuição nos componentes muito baixos VLF e componentes altos HF.

A seguir a tabela 4 mostra a análise da ANOVA 2x2x2 para estes mesmos índices da tabela 3 apresentada.

Tabela 4: Domínio da frequência da VFC e coerência cardíaca (ANOVA 2x2x2)

LF/HFms ² e coerência cardíaca - 2 x 2 x 2 ANOVA						
VFC	Efeito do feedback	Efeito da interação Feedback vs. Performance	Efeito da etapa Biofeedback vs. Pós teste	Efeito da interação Etapa vs. Performance	Efeito da interação Feedback vs. Etapa	Efeito da interação Feedback vs. Etapa vs. Performance
LF/HF ms ²	p=.61 F(1,24)=.26 $\eta^2=.011$	p=.90 F(1,24)=.015 $\eta^2=.001$	p=.016 F(1,24)=6.75 $\eta^2=.22$	p=.23 F(1,24)=1.46 $\eta^2=.05$	p=.26 F(1,24)=1.32 $\eta^2=.052$	p=.65 F(1,24)=.20 $\eta^2=.008$
LF%	p=.14 F(1,24)=2.29 $\eta^2=.08$	p=.10 F(1,24)=2.88 $\eta^2=.107$	p=.016 F(1,24)=6.70 $\eta^2=.218$	p=.19 F(1,24)=1.79 $\eta^2=.070$	p=.37 F(1,24)=.81 $\eta^2=.033$	p=.23 F(1,24)=1.46 $\eta^2=.057$
HF%	p=.16 F(1,24)=2.08 $\eta^2=.080$	p=.15 F(1,24)=2.20 $\eta^2=.084$	p=.065 F(1,24)=3.75 $\eta^2=.13$	p=.44 F(1,24)=.599 $\eta^2=.024$	p=.28 F(1,24)=1.18 $\eta^2=.047$	p=.13 F(1,24)=2.41 $\eta^2=.091$
Coerência cardíaca(s)	p=.68 F(1,24)=.17 $\eta^2=.007$	p=.21 F(1,24)=1.62 $\eta^2=.06$	p<.001 F(1,24)=31.8 $\eta^2=.57$	p=.004 F(1,24)=9.84 $\eta^2=.29$	p=.61 F(1,24)=.25 $\eta^2=.010$	p=.69 F(1,24)=.15 $\eta^2=.006$

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; razão LF/HFms²= Relação entre os componentes LF (low frequency) e HF (high frequency); LF%= low frequency (baixa frequência) em porcentagem com variação entre .04 e .15Hz; HF%= high frequency (alta frequência) em porcentagem com variação de .15 a .4Hz; Coerência cardíaca= caracterizada pelo aumento no componente de LF, com simultânea diminuição nos componentes muito baixos VLF e componentes altos HF.

A tabela 4 mostrou efeito da etapa para LF/HFms², LF%, e para a coerência cardíaca (segundo). Para coerência cardíaca foi também encontrado efeito para interação (etapa vs. performance) o que é esperado já que foi utilizada a mediana da coerência cardíaca para caracterizar a performance dos participantes na sessão de biofeedback.

O teste t pareado indicou que o efeito da etapa (biofeedback vs. pós teste) sem interação com performance foi significativo na sessão com feedback real para os índices LF/HFms² (t(25)=2.52, p=.018), LF% (t(25)=2.45, p=.022) e coerência cardíaca (t(25)=4.76, p<.001). Este 3 índices (LF/HFms², LF% e coerência cardíaca) diminuíram de valor na etapa de pós teste. Por meio do teste T pareado foi também verificada diferença significativa entre a sessão de biofeedback e o pós teste na sessão com feedback real para o índice HF% (t(25)=-2.05, p=.05). O índice HF% aumentou significativamente durante o pós teste, após a sessão de biofeedback com feedback real. Já para a sessão com feedback

placebo o efeito da etapa foi verificado para o índice LF/HFms² ($t(25)=2.19$, $p=.038$) e para coerência cardíaca ($t(25)=3.86$, $p=.001$), com a diminuição do valor destes índices durante o pós teste.

A análise com o teste T pareado mostrou uma diferença significativa somente para a performance fraca entre as sessões (biofeedback com feedback real vs. biofeedback com feedback placebo) para o índice LF% ($t(12)=-3.86$, $p=.010$) e HF% ($t(12)=2.96$, $p=.012$). Isso sugere que com base na performance durante o biofeedback com feedback real, a performance fraca foi diferente entre o biofeedback com feedback real e o biofeedback com feedback placebo. Os participantes que tiveram uma performance fraca na sessão de biofeedback real tiveram durante a sessão de biofeedback placebo o aumento do índice de LF% e a diminuição de HF%. O teste T pareado também identificou diferença significativa entre o pós teste do biofeedback com feedback real e o pós teste do biofeedback com feedback placebo para a performance fraca, para o índice LF% ($t(12)=-2.35$, $p=.036$). O índice LF% mostrou um valor menor para o pós teste do biofeedback com feedback real em comparação ao biofeedback com feedback placebo para a performance fraca. Isso infere que considerando a performance durante o biofeedback com feedback real, o pós teste do biofeedback com feedback real teve uma diminuição maior do índice LF%.

Para o índice da coerência cardíaca foi verificada diferença significativa para a etapa para o biofeedback com feedback real ($t(25)=4.76$, $p<.001$) e para o biofeedback com feedback falso ($t(25)=3.86$, $p=.001$). Ao considerar a performance, foi encontrada diferença significativa durante a performance boa no feedback real ($t(12)=7.02$, $p<.001$) e feedback placebo ($t(12)=4.75$, $p<.001$). A coerência cardíaca foi maior durante o biofeedback e diminuiu no pós teste para as duas sessões. O teste T independente mostrou que foi significativa a diferença entre performance boa e performance fraca para a coerência cardíaca durante o biofeedback ($t(24)=5.26$, $p<.001$) e durante o pós teste ($t(24)=2.52$, $p=.019$) com feedback real, e durante o biofeedback com feedback placebo ($t(24)=3.20$, $p=.004$).

Não foram encontrados outros efeitos significativos por meio do teste T independente, teste T pareado e ANOVA 2x2x2. Os gráficos 6, 7, 8 e 9 apresentados a seguir indicam os índices LF/HFms², LF%, HF% e coerência cardíaca (segundo) respectivamente.

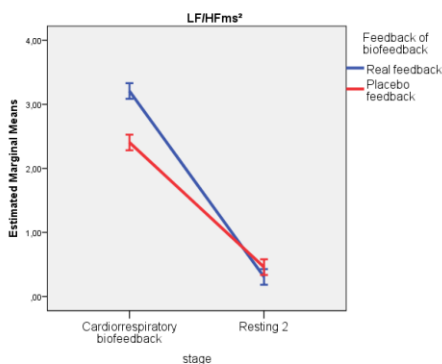
Gráfico 6: LF/HFms²

Gráfico 7: LF%

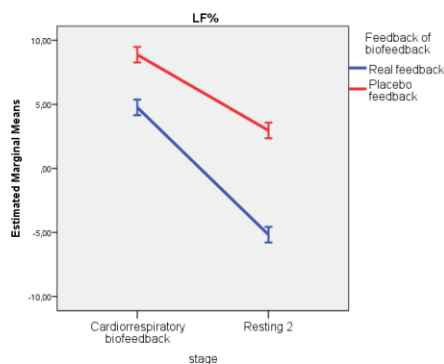


Gráfico 8: HF%

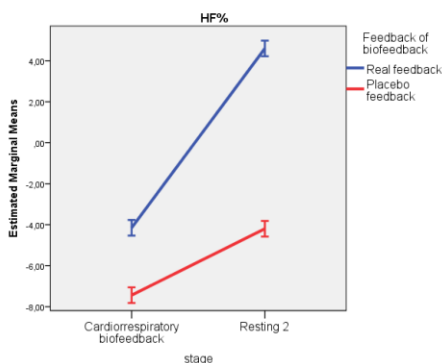
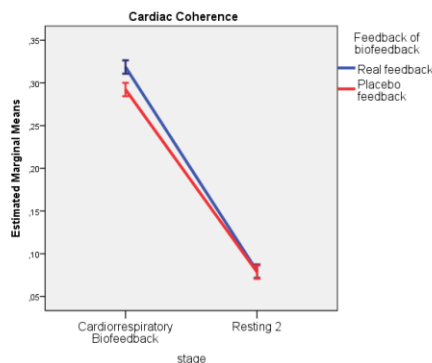


Gráfico 9: Cardiac coherence



Os gráficos acima mostram os índices LF/HFms², LF%, HF%, e coerência cardíaca respectivamente. A linha azul representa o feedback real do biofeedback e a linha vermelha representa o feedback placebo do biofeedback. O eixo x representa as etapas (stage), sendo primeiramente o biofeedback cardiorrespiratório e em seguida o pós teste (resting 2). O eixo y representa a medida da variável da VFC. As figuras foram colocadas de forma reduzida a fim de possibilitar uma visualização conjunta de todos os índices do domínio do frequência e a coerência. A tabela 5 mostra a análise descritiva dos índices da análise de Poincaré e análise não linear da VFC.

Tabela 5: Média e Desvio Padrão na análise de Poincaré e análise não linear da VFC

Média (DP)							
VFC/Sessão de biofeedback com feedback real e feedback placebo		Biofeedback (n=26)	Pós teste (n=26)	Biofeedback Performance boa (n=13)	Biofeedback Performance fraca (n=13)	Pós teste Performance boa (n=13)	Pós teste Performance fraca (n=13)
SD1 ms	Real	5.4 (7.13)	2.55 (7.9)	8.43(7.83)	2.36(4.97)	1.73(5.29)	3.36(10.1)
	Placebo	2.14 (12.18)	2.07(15.13)	3.85(15.09)	.43(8.66)	-.49(15.77)	4.64(14.6)
SD2 ms	Real	18.9 (26.08)	10.6 (27.1)	25.11(24.61)	12.83(27.1)	3.41(10.7)	17.81(36.2)
	Placebo	17.13 (29.53)	10.94(24.98)	22.13(19.38)	12.12(37.2)	7.18(28.2)	14.7(21.72)
ApEn	Real	-.14 (.17)	-.01 (.11)	-.17(.13)	-.11(.20)	-.01(.09)	-.01(.12)
	Placebo	-.11 (.14)	-.02(.13)	-.14(.16)	-.08(.12)	-0.006(.15)	-.05(.10)
DFA: $\alpha 1$	Real	.08 (.22)	-.05 (.17)	.10(.24)	.06(.20)	-.01(.19)	-.08(.16)
	Placebo	.12 (.31)	.02(.28)	.14(.32)	.09(.31)	.04(.29)	.002(.28)
DFA: $\alpha 2$	Real	-.18 (.23)	.02(.26)	-.27(.23)	-.08(.20)	-.011(.23)	.05(.30)
	Placebo	-.13 (.28)	-.01(.24)	-.23(.25)	-.03(.29)	-.034(.28)	.009(.19)
D2	Real	-.01 (.92)	.16(.72)	-.23(.83)	.20(.97)	-.04(.66)	.38(.74)
	Placebo	-.31 (1.04)	-.19(.81)	-.11(1.06)	-.51(1.02)	-.20(.77)	-.18(.89)

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; ApEn= Mede o grau de irregularidade e complexidade de um sinal. Quanto maior é o valor da ApEn maior é a complexidade da série RR; SD1= Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do nervo vago (sistema nervoso parassimpático); SD2= Representa um resultado da análise de Poincaré, da atividade do sistema nervoso simpático; DFA: $\alpha 1$ = análise de flutuações depuradas de curto prazo (4-11 batimentos, $\alpha 1$); DFA: $\alpha 2$ =análise de flutuações depuradas de longo prazo (> 11 batimentos, $\alpha 2$); D2= Indicador da análise não-linear com cálculo matemático baseado na Teoria do Caos; representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente

A seguir a tabela 6 apresenta a análise da ANOVA 2x2x2 para os mesmos índices da tabela 5 apresentada.

Tabela 6: Análise de Poincaré e análise não linear da VFC (ANOVA 2x2x2)

Análise de Poincaré e índices não lineares da VFC - 2 x 2 x 2 ANOVA						
VFC	Efeito do feedback	Efeito da interação Feedback vs. Performance	Efeito da etapa Biofeedback vs. Pós teste	Efeito da interação Etapa vs. Performance	Efeito da interação Feedback vs. Etapa	Efeito da interação Feedback vs. Etapa vs. Performance
SD1 ms	p=.48 F(1,24)=.51 $\eta^2=.021$	p=.56 F(1,24)=.34 $\eta^2=.014$	p=.36 F(1,24)=.84 $\eta^2=.034$	p=.017 F(1,24)=6.55 $\eta^2=.21$	p=.25 F(1,24)=1.38 $\eta^2=.055$	p=.85 F(1,24)=.033 $\eta^2=.001$
SD2 ms	p=.96 F(1,24)=.014 $\eta^2=.001$	p=.85 F(1,24)=.033 $\eta^2=.001$	p=.14 F(1,24)=2.25 $\eta^2=.086$	p=.032 F(1,24)=5.19 $\eta^2=.17$	p=.72 F(1,24)=.12 $\eta^2=.005$	p=.46 F(1,24)=.55 $\eta^2=.022$
ApEn	p=.80 F(1,24)=.06 $\eta^2=.003$	p=.70 F(1,24)=.14 $\eta^2=.006$	P<.001 F(1,24)=25.6 $\eta^2=.51$	p=.05 F(1,24)=4.18 $\eta^2=.14$	p=.27 F(1,24)=1.24 $\eta^2=.049$	p=.59 F(1,24)=.29 $\eta^2=.012$
DFA: $\alpha 1$	p=.27 F(1,24)=1.27 $\eta^2=.05$	p=.93 F(1,24)=.006 $\eta^2<.001$	P<.001 F(1,24)=16.7 $\eta^2=.41$	p=.90 F(1,24)=.015 $\eta^2=.001$	p=.56 F(1,24)=.34 $\eta^2=.014$	p=.87 F(1,24)=.027 $\eta^2=.001$
DFA: $\alpha 2$	p=.92 F(1,24)=.008 $\eta^2<.001$	p=.96 F(1,24)=.003 $\eta^2<.001$	P<.001 F(1,24)=24.6 $\eta^2=.50$	p=.04 F(1,24)=4.39 $\eta^2=.155$	p=.14 F(1,24)=2.23 $\eta^2=.085$	p=.78 F(1,24)=.07 $\eta^2=.003$
D2	p=.12 F(1,24)=2.60 $\eta^2=.098$	p=.14 F(1,24)=2.32 $\eta^2=.088$	p=.26 F(1,24)=1.31 $\eta^2=.052$	p=.45 F(1,24)=.58 $\eta^2=.024$	p=.63 F(1,24)=.23 $\eta^2=.010$	p=.098 F(1,24)=2.96 $\eta^2=.110$

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; real= sessão de biofeedback associado ao feedback real; placebo= sessão de biofeedback associado ao feedback placebo; ApEn= Mede o grau de irregularidade e complexidade de um sinal. Quanto maior é o valor da ApEn maior é a complexidade da série RR; SD1= Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do nervo vago (sistema nervoso parassimpático); SD2= Representa um resultado da análise de Poincaré, da atividade do sistema nervoso simpático; DFA: $\alpha 1$ = análise de flutuações depuradas de curto prazo (4-11 batimentos, $\alpha 1$); DFA: $\alpha 2$ =análise de flutuações depuradas de longo prazo (> 11 batimentos, $\alpha 2$); D2= representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente

Para a análise de Poincaré (índices SD1 e SD2) e análise não linear da VFC (ApEn, DFA: $\alpha 1$, DFA: $\alpha 2$ e D2), foi encontrado o efeito da etapa (ApEn, DFA: $\alpha 1$, DFA: $\alpha 2$) e interação para etapa vs. performance (SD1, SD2, ApEn e DFA: $\alpha 2$).

O teste t pareado mostrou diferença significativa para o biofeedback com feedback real e o pós teste para os índices ApEn ($t(25)=-4.14$, $p<.001$), DFA: $\alpha 1$ ($t(25)=3.60$, $p=.001$), DFA: $\alpha 2$ ($t(25)=-5.13$, $p<.001$). Foi encontrada diferença significativa para o

biofeedback com feedback placebo e o pós teste para estes mesmo índices ApEn ($t(25)=-3.11$, $p=.005$), DFA: $\alpha 1$ ($t(25)=2.16$, $p=.040$), DFA: $\alpha 2$ ($t(25)=-2.62$, $p=.015$). O índice ApEn e DFA: $\alpha 2$ aumentaram no pós teste enquanto que o índice DFA: $\alpha 1$ diminuiu no pós teste com feedback real e também com feedback placebo.

Para o efeito da interação para etapa vs. performance, o teste t pareado mostrou diferença significativa para o biofeedback com feedback real e o pós teste na performance boa para SD1 ($t(12)=2.84$, $p=.015$), SD2 ($t(12)=3.31$, $p=.006$), ApEn ($t(12)=-5.69$, $p<.001$) e DFA: $\alpha 2$ ($t(12)=-5.43$, $p<.001$). A diferença do biofeedback com feedback placebo e pós teste para a performance boa foi verificada para os mesmos indicadores (SD1: $t(12)= 2.87$, $p=.014$; ApEn: $t(12)=-3.44$, $p=.005$; DFA $\alpha 2$: $t(12)=-3.35$, $p=.006$) exceto para o SD2. Foi verificado que durante a performance boa os índices SD1 e SD2 diminuíram de valor no pós teste, tanto para o biofeedback com feedback real quanto para o biofeedback com feedback placebo. E os índices ApEn e DFA: $\alpha 2$ aumentaram de valor no pós teste para as duas sessões.

Para a performance fraca foi encontrada somente diferença significativa para a etapa (biofeedback com feedback real e o pós teste) para DFA: $\alpha 1$ ($t(12)=3.29$, $p=.006$) e DFA: $\alpha 2$ ($t(12)=-2.38$, $p=.024$). O índice DFA: $\alpha 1$ diminuiu na etapa de pós teste para a performance fraca na sessão de biofeedback com feedback real enquanto que o DFA: $\alpha 2$ aumentou de valor na etapa de pós teste. O teste t independente identificou diferença significativa entre a performance boa e a performance fraca durante a sessão de biofeedback com feedback real para os índices SD1 ($t(24)=2.36$, $p=.027$) e DFA: $\alpha 2$ ($t(24)=-2.18$, $p=.039$).

Foi encontrado ainda com o teste T pareado uma diferença significativa para o índice D2 entre o pós teste associado ao biofeedback com feedback real e o pós teste associado ao biofeedback com feedback placebo, somente para a performance fraca ($t(12)=2.21$, $p=.047$). O pós teste associado ao feedback placebo mostrou o índice D2 menor do que o pós teste associado ao feedback real. Os gráficos 10, 11, 12, 13, 14 e 15 apresentados a seguir indicam os índices SD1ms, SD2ms, ApEn, DFA: $\alpha 1$, DFA: $\alpha 2$ e D2 respectivamente.

Gráfico 10: SD1

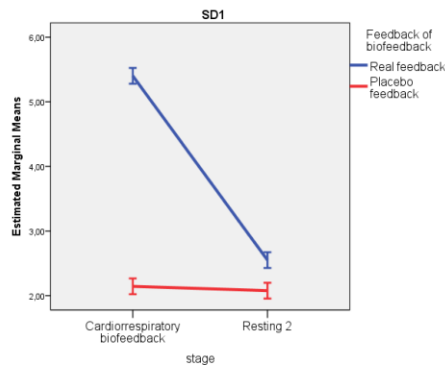


Gráfico 11: SD2

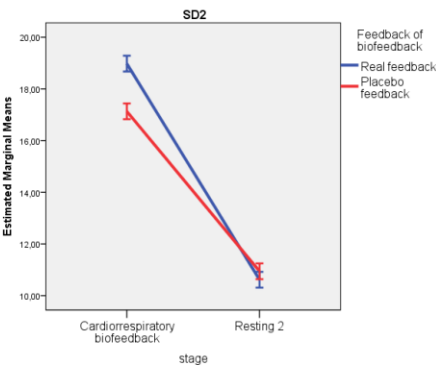


Gráfico 12: ApEn

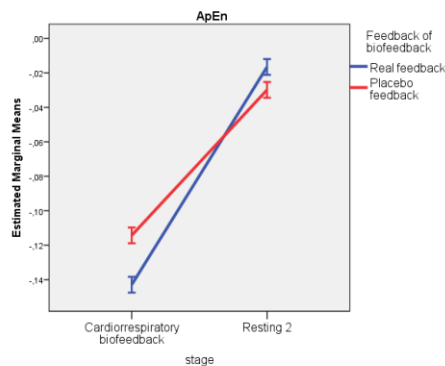


Gráfico 13: DFA: $\alpha 1$

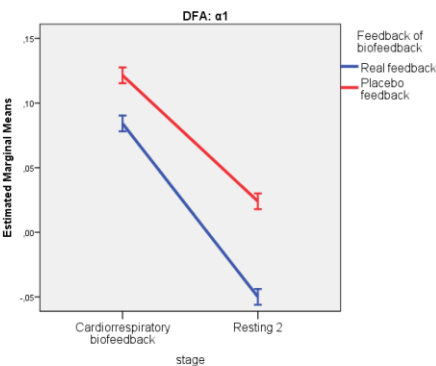


Gráfico 14: DFA: $\alpha 2$

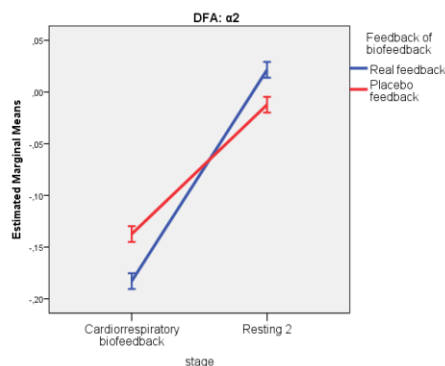
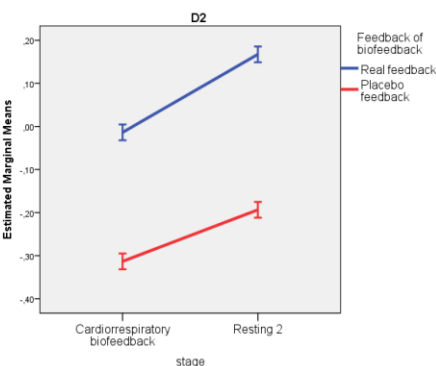


Gráfico 15: D2



Os gráficos acima mostram indicam a linha azul como o feedback real do biofeedback e a linha vermelha indica o feedback placebo do biofeedback. O eixo x representa as etapas (stage), sendo primeiramente o biofeedback cardiorrespiratório e em seguida o pós teste (resting 2). O eixo y representa a medida da variável da VFC. As figuras foram colocadas de forma reduzida a fim de possibilitar uma visualização conjunta de todos os índices da análise de Poincaré e análise não linear da VFC.

A seguir são apresentados os resultados referentes ao controle de variáveis com os questionários e o questionário pós sessão de biofeedback.

3.4.2 Controle de variáveis e questionário pós sessão

A escala de humor de Brunel (Rohlf et al., 2008) foi utilizada para investigar se o estado de humor dos participantes era equivalente antes de cada sessão de biofeedback (associada ao feedback real e associada ao feedback placebo). O teste T pareado de Wilcoxon não revelou diferenças significativas antes de cada sessão de biofeedback para cada dimensão avaliada: raiva ($z=-1.35$, $p=.17$), confusão mental ($z=-1.59$, $p=.11$), depressão ($z=-1.20$, $p=.22$), fadiga ($z=-1.05$, $p=.29$), tensão ($z=-.69$, $p=.48$) e vigor ($z=-.42$, $p=.66$). Isso sugere que o humor mensurado por meio da escala de humor de Brunel não foi uma variável que se diferiu antes de cada sessão realizada pelo participante.

Para a escala de Estresse Percebido (Luft et al., 2007) foram comparados os 13 participantes que iniciaram com a sessão de biofeedback associado ao feedback real com os 13 participantes que iniciaram a sessão de biofeedback associado ao feedback placebo, a fim de investigar se a variável estresse se diferenciava para a ordem de início do tipo da sessão de biofeedback. O teste T Independente não mostrou diferença significativa ($t(24)=.18$, $p=.85$) para o escore de Estresse Percebido (média/DP para sessão de biofeedback com feedback real=26.23/11.43; média/DP para sessão de biofeedback com feedback placebo=25.53/6.53).

O questionário pós sessão de biofeedback foi analisado com o teste McNemar para variáveis com respostas (0=não 1=sim). O resultado desta análise para cada questão do questionário está apresentada na tabela seguinte.

Tabela 7: Questionário Pós sessão de biofeedback

Questionário Pós sessão de biofeedback				
Questões do questionário/Sessão de biofeedback com feedback real e placebo		Não (count/ %)	Sim (count/ %)	Teste McNemar
1. Você compreendeu a atividade de biofeedback?	Real	---	26 (100%)	p>1
	Placebo	---	26 (100%)	
2. Você reconheceu o seu próprio feedback na tela do computador?	Real	---	26 (100%)	p>1
	Placebo	---	26 (100%)	
3. Você utilizou alguma estratégia para realizar a coerência cardíaca? = “Sim realizei alguma estratégia”	Real	---	26 (100%)	p>1
	Placebo	---	26 (100%)	
4. Se sim, qual tipo de estratégia? “Manter a atenção no feedback”	Real	6 (23.1%)	20 (76.9%)	p=.68
	Placebo	8 (30.8%)	18 (69.2%)	
Tipo de estratégia: “Relaxar”	Real	24 (92.3%)	2 (7.7%)	p=1.0
	Placebo	23 (88.5%)	3 (11.5%)	
Tipo de estratégia: “Focar na respiração sincronizada”	Real	2 (7.7%)	24 (92.3%)	p=1.0
	Placebo	1 (3.8%)	25 (96.2%)	
5. Como você se sentiu após a intervenção? “Nada de diferente para relatar”	Real	23 (88.5%)	3 (11.5%)	p=1.0
	Placebo	24 (92.3%)	2 (7.7%)	
Sensação: “Relaxado/a”	Real	11 (42.3%)	15 (57.7%)	p=.68
	Placebo	9 (34.6%)	17 (65.4%)	
Sensação: “Sonolento/a”	Real	14 (53.8%)	12 (46.2%)	p=.28
	Placebo	18 (69.2%)	8 (30.8%)	
Sensação: “Tonto/a”	Real	25 (96.2%)	1 (3.8%)	p>1
	Placebo	26 (100%)	---	
Sensações: “Cansado/a”	Real	22 (84.6%)	4 (15.4%)	p>1
	Placebo	26 (100%)	---	
Sensação: “Concentrado/a”	Real	22 (84.6%)	4 (15.4%)	p>1
	Placebo	22 (84.6%)	4 (15.4%)	
Sensação: “Bem-estar”	Real	18 (69.2%)	8 (30.8%)	p=.50
	Placebo	15 (57.7%)	11 (42.3%)	

O teste McNemar mostrou que não houve diferenças significativas entre as respostas “não” e “sim” para cada questão do questionários e para cada estratégia e sensação relatada após a sessão de biofeedback com feedback real e após a sessão de biofeedback com feedback placebo. As duas sessões provocaram percepções e sensações estatisticamente não diferentes aos participantes. Nenhum dos participantes relatou qualquer suspeita de que tivesse uma sessão de biofeedback associada ao feedback placebo. Todos os participantes executaram as duas sessões com a crença de que ambas apresentaram feedback real.

3.5 Discussão

Este estudo da tese objetivou investigar os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado ao feedback real e ao feedback placebo no sistema nervoso autônomo. Para isso o sistema nervoso autônomo foi indiretamente investigado por meio dos índices da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) durante e após o teste com o biofeedback cardiorrespiratório. Os diferentes índices da VFC podem caracterizar a habilidade de adaptação fisiológica do organismo diante diferentes demandas ambientais e é útil para investigar técnicas que podem influir no estresse e na modulação autônoma (Prinsloo et al., 2014; Wheat & Larkin, 2010).

A investigação durante o biofeedback possibilitou verificar como o tipo do feedback do biofeedback pode influir nos índices da VFC e na coerência cardíaca enquanto que o pós teste facilitou examinar o efeito agudo da técnica de biofeedback associado ao feedback real e ao feedback placebo. Ademais, optou-se por classificar a performance dos participantes (performance boa=bons aprendizes e performance fraca=fracos aprendizes) durante a sessão de biofeedback com feedback real já que a aprendizagem durante o feedback placebo se caracterizou como aleatória. A percepção de um feedback verdadeiro e contingente pode ser mais eficaz para o processo de aprendizagem durante o biofeedback do que um sinal falso ou aleatório (Shahidi & Powell, 1988). Outros estudos referem que o feedback com reforço consistente do biofeedback é uma importante variável para o processo de aprendizagem do biofeedback e para influir indiretamente na

modulação autônoma (Ahmed et al., 2011; Lombardo & Violani, 1994; Nishimura et al., 2007). Por isso o fator de aprendizagem foi classificado conforme o feedback verdadeiro.

O feedback placebo não foi utilizado como fator de classificação de performance devido a inconsistência para justificar o processo de aprendizagem na técnica de biofeedback, mas este tipo de manipulação com feedback placebo influenciou no treino de coerência cardíaca durante a sessão e produziu efeitos nos índices da VFC. Isso se relaciona ao fato de que não foram encontradas diferenças significativas entre o biofeedback com feedback real e o biofeedback com feedback placebo para a coerência cardíaca durante as sessões. Além disso, os resultados deste estudo de tese também não mostraram diferenças significativas para os índices da VFC entre sessões (feedback real vs. feedback placebo). Por outro lado foram encontradas diversas diferenças significativas para as etapas (sessão vs. pós teste) e para a interação da etapa (sessão vs. pós teste) com a performance (bons aprendizes vs. fracos aprendizes). Os resultados relacionados as diferenças na VFC para o feedback real e o feedback falso quanto a etapas e quanto a interação das etapas com a performance possibilitou compreender o sutil contraste entre cada tipo de manipulação. Mas deve-se considerar que o sinal falso pode também influir nos aspectos fisiológicos do organismo, mas o processo de aprendizagem não é consistente e pode se dar de forma aleatória e pela sugestibilidade, característico do efeito placebo (Shahidi & Powell, 1988). Para compreender o efeito do placebo os relatos após a sessão de biofeedback também foram importantes para compreender o que os participantes sentiram após a sessão e se acreditaram no feedback falso de biofeedback.

Foram investigados os índices da VFC da análise linear e não linear durante a sessão com feedback real e com feedback placebo. Não foram encontrados estudos prévios que investigaram a análise não linear durante o biofeedback cardiorrespiratório, somente estudos que envolveram a investigação da análise linear da VFC. A análise linear da VFC possibilita indicadores do aumento ou diminuição da atividade simpática e parassimpática, enquanto a análise não-linear pode fornecer informações sobre a adaptação do organismo diante o ambiente, e pode sugerir a complexidade da interação entre o ramo simpático e parassimpático. A análise não linear se baseia na Teoria do Caos, e caracterizou o sistema autônomo do organismo de forma dinâmica. Estas análises favoreceram a investigação de um mesmo fenômeno, mas são utilizadas em conjunto para quantificar a complexa dinâmica do sistema nervoso autônomo. Contudo a análise não linear é ainda

relativamente recente e os índices ainda estão sendo compreendidos nos diferentes contextos comportamentais e nos diferentes grupos de sujeitos (F. Liao, Garrison, & Jan, 2010).

Para a análise linear do domínio do tempo, este estudo encontrou aumento de HR e SDNN durante o feedback real e diminuição dos índices HR e SDNN pós teste. O HR apresentou valor negativo, visto que os índices foram normalizados pela linha de base antes do biofeedback, e o valor negativo pode se relacionar ao fato que os participantes se esforçaram mais para realizar a tarefa de respiração, o que é esperado. O valor do HR foi ainda mais negativo no pós teste, com diminuição de HR, o que pode se associar ao esforço na sessão de biofeedback com feedback real e com o relaxamento pós teste. A classificação em bons e fracos aprendizes foi um fator de interação com as etapas (sessão vs. pós teste) e o índice HR. Os fracos aprendizes na coerência cardíaca mostraram mais diferenças entre as etapas para HR, com diminuição do HR no pós teste, sugerindo que mesmo aqueles que não tiveram uma aprendizagem boa na coerência cardíaca relaxaram pós sessão.

O aumento de HR durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório e a diminuição de HR pós teste também foi verificado por Prinsloo, Derman, et al. (2013). O estudo de Prinsloo, Derman, et al. (2013) também utilizou a técnica de biofeedback cardiorrespiratório com duração de 10 minutos e em uma única sessão, e encontrou aumento de LF e HR e diminuição de HF e da frequência respiratória durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório. Outra pesquisa (M. K. Karavidas et al., 2007) relatou o aumento de HR durante o biofeedback cardiorrespiratório mesmo não sendo significativo.

Outro resultado verificado no estudo de Prinsloo, Derman, et al. (2013) foi o aumento de atividade parassimpática (SDNN, RMSSD) durante o biofeedback cardiorrespiratório. Este estudo de tese também encontrou o aumento do índice relacionados a atividade parassimpática (SDNN) durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório com feedback real, com a diminuição no pós teste. Este achado foi encontrado sem considerar os grupos de performance e somente para a sessão com o feedback real. Isso sugere que mesmo não havendo diferenças significativas entre o SDNN durante a sessão com feedback real e durante a sessão com feedback placebo, o aumento de SDNN (atividade parassimpática) foi maior durante a sessão com feedback real, o que infere que esta a sessão possibilitou aumentar mais a atividade parassimpática em comparação ao pós teste. O biofeedback com

feedback real pode ter exigido mais esforço e o treino mais eficiente para aumentar a atividade parassimpática durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório. O aumento dos índices da VFC do domínio do tempo são mais evidente durante a técnica de biofeedback do que após a técnica de biofeedback. Diversas pesquisas (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004) evidenciaram o aumento de SDNN durante o biofeedback cardiorrespiratório por meio do treino da respiração abdominal.

Em relação à performance, os bons aprendizes da coerência cardíaca apresentaram significativo aumento dos índices SDNN, RMSSD e pNN50 durante o biofeedback com feedback real e feedback placebo em comparação ao pós teste. Os índice RMSSD, pNN50 e SDNN são relacionados com a atividade parassimpática do SNA, assim como o índice HF do domínio da frequência, e refletem o aumento da atividade do nervo vago (Prinsloo et al., 2014).

Então somente em relação aos bons aprendizes da coerência cardíaca o feedback placebo mostrou aumento significativo durante a sessão de biofeedback em comparação ao pós teste. É esperado que os bons aprendizes aumentassem mais a atividade parassimpática durante o biofeedback, já que o aumento da coerência cardíaca se relaciona com aumento de atividade do nervo vago (McCraty et al., 2009). Mas também sugere que o feedback placebo também influenciou significativamente no aumento parassimpático durante a sessão de biofeedback em comparação ao pós teste para os bons aprendizes da coerência cardíaca.

Outro aspecto é que os participantes que tiveram boa aprendizagem da coerência cardíaca tanto no feedback real quanto no feedback placebo aumentaram mais os índices relacionados a atividade parassimpática durante a sessão, e isso mostrou que os bons aprendizes se esforçaram com mais eficiência durante a sessão e aumentaram mais a atividade parassimpática. Os bons aprendizes e os fracos aprendizes também se diferenciaram na sessão com feedback real. O aumento parassimpático (SDNN, RMSSD e pNN50) foi maior para os bons aprendizes do que para os fracos aprendizes durante o feedback real, o que mostrou que o maior aumento da coerência cardíaca se relacionou com o maior aumento parassimpático, bem como a literatura refere (Lehrer. et al., 2009; McCraty et al., 2009).

Os estudos prévios com biofeedback cardiorrespiratório não investigaram os índices da VFC relacionados a ativação parassimpática baseados na classificação de performance da coerência cardíaca dos

participantes (bons aprendizes vs. fracos aprendizes). Outro aspecto diferencial é que maior parte destes estudos que verificaram aumento de atividade parassimpática com o biofeedback cardiorrespiratório foram de efeito crônico, após um programa de mais de uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório e em pacientes clínicos (Del Pozo et al., 2004; Ginsberg et al., 2010a; Hassett et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2004; Lin et al., 2012; Siepmann et al., 2008; Swanson et al., 2009; Zucker et al., 2009).

A pesquisa que mais se assemelha a este estudo de tese devido a curta sessão de biofeedback cardiorrespiratório (10 minutos) de efeito agudo (uma sessão) e com a investigação de índices da VFC, foi realizado por Prinsloo, Derman, et al. (2013). Assim como no estudo de Prinsloo, Derman, et al. (2013) que encontrou aumento de LF e diminuição de HF durante o biofeedback cardiorrespiratório, o presente estudo de tese encontrou resultado similar.

Foi verificado que mesmo sem considerar a classificação de performance na coerência cardíaca, o índice LF, a razão LF/HF e a coerência cardíaca foram maiores durante o biofeedback com feedback real em comparação ao pós teste. Para o feedback placebo foram somente verificados aumentos dos índices LF/HFms² e da coerência cardíaca durante o biofeedback em comparação ao pós teste, mas não para LF. A diminuição de LF e da razão LF/HF pós sessão com biofeedback cardiorrespiratório é esperada já que é cessado o treino e controle respiratório. A diminuição destes índices no repouso é um bom parâmetro já que infere a adaptação cardíaca diante a mudança de condição. Este achado para o LF se aplica a sessão com feedback real e não ao feedback placebo e isso pode remeter a hipótese de que mesmo não havendo diferenças significativas entre sessões, o feedback real exigiu mais esforço e eficiência no treino respiratório durante o biofeedback. Isso porque o índice LF é um marcador consistente para se relacionar com a energia da respiração e sugeriu o esforço respiratório durante a técnica de biofeedback cardiorrespiratório (P. M. Lehrer et al., 2003).

A frequência respiratória próxima a 0.1Hz (cerca de 6 respirações por minuto) influenciam mais o índice LF e o aumento do barorreflexo do que o índice HF (Prinsloo et al., 2014). Além disso, o índice LF é marcado tanto pela influência do ramo simpático para aumento de pressão sanguínea e alterações vasomotoras quanto pelo ramo parassimpático com a diminuição de excitação cardíaca, aumento do barorreflexo e ação do nervo vago sobre o coração (Kleiger et al., 2005; Prinsloo et al., 2014; Wallentin et al., 2011). Outras pesquisas

(Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004) também mostraram o aumento do índice LF durante a técnica de biofeedback cardiorrespiratório e o índice HF foi menor durante a sessão de biofeedback em comparação ao repouso (P. M. Lehrer et al., 2003).

Além deste achado referente ao índice LF, foi encontrado o aumento do índice HF pós teste com feedback real, o que sugere maior ativação parassimpática após o biofeedback com feedback real. Isso pode ser uma evidência de efeito agudo da técnica de biofeedback com feedback real para o aumento da atividade parassimpática. O índice HF se relaciona com o tônus vagal e assim como o LF, o índice HF também é afetado pela arritmia sinusal respiratória. O HF se relaciona mais ao ritmo acima de 9 respirações por minuto, enquanto que o LF se relaciona mais a frequência de ressonância cardiovascular, a aproximadamente 6 respirações por minuto (Prinsloo et al., 2014).

A diminuição de HF durante a sessão pode se justificar ao fato de que durante a técnica de biofeedback cardiorrespiratório ocorre a diminuição do ritmo respiratório e ocorre o aumento da arritmia sinusal respiratória, modificando a frequência de HF para LF. Também se associou com o aumento da atividade do barorreflexo durante o biofeedback, e que se associa mais ao aumento de LF e não de HF. O barorreflexo aumenta quando o sistema cardiovascular atinge a uma frequência de ressonância de aproximadamente 0.1Hz da VFC, caracterizando a coerência cardíaca (P. M. Lehrer et al., 2003; Wheat & Larkin, 2010). Entretanto, as mudanças no HF pós teste de biofeedback cardiorrespiratório não foram evidenciadas em diversos estudos (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003), mas é um importante marcador de aumento parassimpático de efeito agudo e pode ser um contraste com o feedback placebo. As diferenças nos índices da VFC para a sessão com feedback real e para a sessão com feedback placebo foram sutis e relacionadas a diferença entre etapa, como já relatado acima, e para performance como será discutido em seguida.

Para a performance, foi encontrada a diferença significativa no LF entre a sessão com feedback real e a sessão com feedback placebo para os fracos aprendizes de coerência cardíaca. Os fracos aprendizes em coerência cardíaca tiveram maior LF e menor HF na sessão com feedback placebo em comparação a sessão com feedback real. Entretanto, os fracos aprendizes em coerência cardíaca apresentaram maior LF pós sessão com feedback placebo enquanto que o LF foi menor no pós teste com feedback real para este grupo de participantes.

O esperado seria o LF diminuir após o treino respiratório, assim como ocorreu no pós teste com feedback real. Uma hipótese é que o feedback placebo produziu o efeito agudo associado a maior ativação simpática nos fracos aprendizes de coerência cardíaca. Nesta hipótese o feedback placebo pode não ter produzido efeito agudo de aumento parassimpático nos fracos aprendizes de coerência cardíaca, mas sim um desgaste maior fisiológico. Isso porque o LF é um componente que também se associa com a atividade simpática (Kleiger et al., 2005; Prinsloo et al., 2014), e nesta condição pós teste a atividade respiratória foi cessada e deveria ter maior diminuição de LF. Então com base na análise do domínio da frequência, para os fracos aprendizes em coerência cardíaca, a sessão com feedback placebo mostrou maior influência simpática pós teste. Isso pode remeter a importância do feedback real na técnica de biofeedback cardiorrespiratório para possibilitar maior aumento parassimpático em efeito agudo.

A análise linear realizada por meio do domínio do tempo e domínio da frequência pode sugerir que a sessão com feedback real mostrou maior influência dos índices relacionados a atividade parassimpática e a energia respiratória e esforço eficiente durante o treino de biofeedback. Contudo, o feedback placebo também produziu efeitos na respiração durante o biofeedback e também aumentou de índices do domínio do tempo da VFC que representam a atividade parassimpática. As diferenças dos índices da VFC na análise linear são sutis para o feedback real e o feedback placebo, mas ainda assim os efeitos significativos para as etapas e performance podem mostrar alguns contrastes entre as duas sessões.

A análise não linear também mostrou diferenças nos índices da VFC somente em relação a etapa (sessão vs. pós teste) e interação da etapa com performance (bons aprendizes vs. fracos aprendizes), mas não entre sessões. Os índices ApEn e DFA: $\alpha 2$ aumentaram no pós teste enquanto que o índice DFA: $\alpha 1$ foi maior durante o treino de biofeedback e diminuiu no pós teste, tanto para a sessão com feedback real quanto para a sessão com feedback placebo. Isso pode mostrar que durante as duas sessões de biofeedback, ocorreu maior interação entre o nervo vago e os batimentos cardíacos para a adaptação do organismo a demanda da tarefa (caracterizado pelo aumento de DFA: $\alpha 1$ durante o biofeedback).

O aumento do índice DFA: $\alpha 1$ pode estar relacionado com a interação entre o ramo simpático e atividade vagal do HR, quando são organizados de forma recíproca em que um ramo aumenta e o outro diminui de atividade. A diminuição do DFA: $\alpha 1$ se associou a

organização randômica do HR, e ocorre a ativação conjunta do nervo simpático e vago (Mourrot et al., 2007). Outros estudos mostram que a diminuição do DFA: $\alpha 1$ também se relacionou com doenças (Peng, Havlin, Stanley, & Goldberger, 1995) e com o aumento da idade (Beckers, Verheyden, & Aubert, 2006).

O aumento de ApEn após a sessão de biofeedback sugeriu que ocorreu aumento da complexidade da VFC, o que se relaciona com o aumento da modulação vagal. Isso aconteceu tanto para a sessão com feedback real quanto para a sessão com feedback placebo sugerindo que ambas sessões ter influenciaram no nervo vago pós teste. Isso mostra que o efeito placebo do feedback pode também mostrar benefícios com aumento de modulação do nervo vago para os participantes deste estudo. Nota-se que o índice ApEn é caracterizado pela medida da complexidade ou irregularidade da VFC e caracteriza a modulação vagal (Beckers et al., 2006). Esta medida analisada por meio do software *Kubios HRV analysis* é baseada na dimensão e tolerância, sendo que a tolerância é fixada em relação ao SDNN e por isso esta medida não é global ao nível de variabilidade e os resultados dos diferentes sujeitos podem ser comparados (Tarvainen et al., 2014). Quando o ApEn é baixo se relaciona com a baixa complexidade e maior regularidade do sinal, e quando o sinal do ApEn é alto se relaciona com maior complexidade e irregularidade do sinal o que é o ideal para a VFC e para a melhor adaptação do organismo em diferentes contextos (Schubert et al., 2009; Tulppo et al., 2001).

O aumento dos dois índices, DFA: $\alpha 1$ e ApEn, foi encontrado no estudo de Tulppo et al. (2001) durante exercícios com baixa intensidade e simultaneamente ocorreu o aumento de LF e diminuição de HF. Conforme os autores (Tulppo et al., 2001) a complexidade da dinâmica dos batimentos cardíacos aumenta durante o exercício com baixa intensidade. O estudo de Tulppo et al. (2001) não utilizou biofeedback cardiorrespiratório mas pode ser observado resultados similares (não idênticos), já que este estudo de tese encontrou aumento de LF e de DFA: $\alpha 1$ durante biofeedback cardiorrespiratório e aumento de ApEn pós teste.

Por outro lado, no pós teste foi verificado o aumento de DFA: $\alpha 2$. Este índice é ainda pouco investigado mas pode estar associado com o aumento dinâmico da atividade simpática (Beckers et al., 2006). Este mesmo achado relacionado ao aumento dos índices ApEn e DFA: $\alpha 2$ no pós teste da sessão com feedback real e da sessão com feedback placebo foi também encontrado para performance, para os bons aprendizes da coerência cardíaca. Já os fracos aprendizes de coerência

cardíaca mostraram maior DFA: $\alpha 1$ durante a sessão em comparação ao pós teste, e maior DFA: $\alpha 2$ no pós teste da sessão com feedback real. Outra evidência quanto ao DFA: $\alpha 2$ foi encontrada na diferença entre bons e fracos aprendizes da coerência cardíaca. Os bons aprendizes da coerência cardíaca mostraram menor DFA: $\alpha 2$ durante a sessão com feedback real do que os fracos aprendizes de coerência cardíaca.

Segundo Beckers et al. (2006) o DFA: $\alpha 1$ se relaciona com a interação da modulação vagal e simpática e o DFA: $\alpha 2$ se relaciona somente com a modulação simpática. O índice DFA: $\alpha 1$ é uma análise de flutuações depuradas de curto prazo e a diminuição desse índice pode se relacionar com doenças como o infarto do miocárdio. Já o índice DFA: $\alpha 2$ possui o mesmo pressuposto mas com o cálculo em longo prazo, e não é utilizado como um preditor de risco de doença (Kleiger et al., 2005). A hipótese é que o aumento do índice DFA: $\alpha 2$ após o biofeedback não se relacione com a hiper ativação simpática de forma negativa, já que este índice não se refere a um preditor de doença. Ademais, outros resultados deste estudo mostraram que a técnica de biofeedback cardiorrespiratório produziu durante a sessão o aumento de DFA: $\alpha 1$, de índices do sistema nervoso parassimpático (como o SDNN) e da energia respiratória (LF), além do aumento vagal pós sessão. Por isso, o aumento do índice DFA: $\alpha 2$ pode se relacionar com a adaptação do organismo com a nova demanda do ambiente trazendo mais energia fisiológica para mobilização de mudança de tarefa. Assim como o aumento parassimpático foi maior durante a sessão de biofeedback e menor pós teste, a ativação simpática pós teste caracterizada pelo DFA: $\alpha 2$ pode ter ocorrido para que o organismo se adapte mudança de situação ambiental, cessando o treino respiratório. Entretanto este índice necessita ainda de mais investigações para formar outras hipóteses já que é escassa a literatura neste tema.

Quanto ao resultado encontrado neste estudo relacionado a interação entre os grupos de performance (bons aprendizes vs. fracos aprendizes) e as etapas (sessão vs. pós teste) foi verificado que os bons aprendizes na coerência cardíaca diminuíram SD1 e SD2 no pós teste, sendo estes índices maiores durante as duas sessões. Isso mostra que tanto a modulação simpática (SD2) e a modulação parassimpática (SD1) aumentaram durante o treino respiratório. Estes dois índices, SD1 e SD2, são baseados na análise de Poincaré e se associam com a ação do ramo parassimpático e do ramo simpático respectivamente. A análise SD1 e SD2 de Poincaré são caracterizadas por um plot de elipse onde o SD1 é a axis menor e o SD2 é a axis mais longa (Kleiger et al., 2005).

O resultado encontrado pode ser também relacionado a análise linear da VFC, onde foi encontrado aumento de atividade parassimpática durante o biofeedback cardiorrespiratório. O aumento simpático durante a atividade de respiração pode se relacionar também com o processo atencional durante a técnica e com o processo de inspiração na respiração controlada.

Foi verificado ainda que o índice SD1, relacionado à modulação parassimpática, foi maior para os bons aprendizes da coerência cardíaca do que para os fracos aprendizes da coerência cardíaca durante a sessão com feedback real. Isso sugere que o esforço de aumentar a coerência cardíaca para os bons aprendizes impactou no maior aumento da atividade parassimpática durante a sessão, o que condiz com os achados da análise linear da VFC. Além disso, foi verificada a diferença no índice D2 no pós teste para a sessão com feedback real e a sessão com feedback placebo. O índice D2 foi maior para o pós teste da sessão com feedback real. Essa foi outra sutil evidência de efeito agudo do biofeedback, sugerindo que o feedback real teve mais impacto no organismo do que o feedback placebo.

Isso porque o aumento do D2 representa a adaptação do organismo ao ambiente. O aumento do índice D2 se associa com maior grau de liberdade do sistema e por isso maior variedade de respostas adaptativas (F. Liao et al., 2010; Schubert et al., 2009), e pode possibilitar informações sobre o número mínimo de variáveis dinâmicas necessárias para modelar o sistema subjacente (Tarvainen et al., 2014). No estudo de Schubert et al. (2009) o índice D2 diminuiu durante tarefa de estresse, o que relacionou com a diminuição de adaptação cardiovascular do organismo diante a demanda e a uma restrição funcional cardiovascular.

Nota-se que não foi encontrado um estudo com biofeedback cardiorrespiratório que investigou os índices da análise não linear da VFC. O significado fisiológico dos marcadores da análise não linear associado ao comportamento do indivíduo é discutida e não completamente compreendida em comparação a análise linear. O biofeedback cardiorrespiratório pode produzir mudanças nos índices da análise não linear da VFC mas que ainda não são discutidas pela literatura.

A análise linear e não linear da VFC puderam ser mais sensíveis quanto as mudanças no organismo em decorrência ao biofeedback cardiorrespiratório com feedback real e com o feedback placebo. Contudo a auto percepção dos participantes durante as sessões com feedback real e feedback placebo não se diferenciaram. O auto relato no

questionário pós sessão quanto as estratégias e sensações associadas com a intervenção não foram significativamente diferentes entre a sessão com feedback real e feedback placebo. Desta forma as instruções positivas quanto ao biofeedback cardiorrespiratório tanto para a sessão com feedback real quanto para a sessão com feedback placebo pode influído na sugestão das sensações pós sessão. Mas também foi evidente que o feedback placebo também influenciou em características fisiológicas do organismo e isso também se relacionou com o relato das sensações de relaxamento e bem estar.

Outros estudos (M. K. Karavidas et al., 2007; Prinsloo et al., 2011; Zucker et al., 2009) também mostraram o auto relato e a avaliação com instrumentos relacionados a emoções dos participantes após a sessão de biofeedback, sendo relatos similares a este estudo de tese, associando-se ao relaxamento e bem estar pós teste. A diferença neste estudo de tese é que o relato de bem estar e de relaxamento foi estatisticamente igual para as duas sessões. Todos os participantes acreditaram no feedback de ambas sessões, e isso influenciou nas sensações após a sessão e também no sistema fisiológico. Por outro lado, diferenças de respostas nos índices da VFC durante a sessão com feedback real e durante a sessão com feedback placebo puderam ser mais sensíveis as sutis diferenças entre cada sessão e a manipulação de feedback. Este estudo mostrou que o feedback mesmo que placebo pode influir em índices do sistema nervoso autônomo, mas que o feedback real teve maior impacto em diferenças para as etapas e performance.

3.6 Conclusão

O biofeedback cardiorrespiratório é ainda uma técnica recente e que merece mais investigação acerca do efeito agudo em sujeitos saudáveis. Além disso pouco se sabe quanto a influência da manipulação do tipo do feedback do biofeedback em índices da variabilidade da frequência cardíaca e coerência cardíaca.

Neste estudo não foram observadas diferenças entre a coerência cardíaca e no auto relato pós sessão com o biofeedback com feedback real e com o biofeedback com feedback placebo, o que sugere que o efeito placebo pode ser também um importante preditor de mudanças psicofisiológicas no organismo. O simples fato da crença e do treino respiratório independente do feedback influenciou os participantes a conseguirem atingir a coerência cardíaca e a experienciarem sensações

de relaxamento e bem-estar. Por outro lado os resultados mostraram sutis diferenças do efeito do feedback real e do feedback placebo nos índices da VFC entre as etapas (durante a sessão de biofeedback vs. pós sessão de biofeedback) e performance (bons aprendizes de coerência cardíaca vs. fracos aprendizes de coerência cardíaca).

Considerando somente a diferença entre a sessão de biofeedback e o pós teste, sem interação com performance, foi verificada diferença entre etapa com aumento de HR, SDNN, LF, LF/HF e coerência cardíaca durante a sessão com feedback real, com a diminuição no pós teste, o que é esperado devido ao treino respiratório. E foi verificado o aumento de HF e D2 pós teste com feedback real sugerindo aumento parassimpático e de adaptação do organismo. Para a sessão com o feedback placebo foi verificado somente aumento de LF/HF e da coerência cardíaca durante o biofeedback em comparação ao pós teste. Ainda sem considerar a performance, foi verificada diferença significava entre as etapas (sessão vs. pós teste) com aumento pós teste para os índices ApEn e DFA: α_2 , e aumento durante a sessão para o índice DFA: α_1 , tanto para a sessão com feedback real quanto para a sessão com feedback placebo, sugerindo aumento da atividade do nervo vago durante e pós sessão de biofeedback.

Os resultados relacionados a interação da etapa com a performance mostraram que os bons aprendizes da coerência cardíaca aumentaram significativamente os índices SDNN, RMSSD e pNN50 durante o biofeedback com feedback real e feedback placebo em comparação ao pós teste. Além disso, o aumento de SDNN, RMSSD e pNN50 foi maior para os bons aprendizes do que para os fracos aprendizes durante o feedback real. Os bons aprendizes da coerência cardíaca também aumentaram os índices ApEn e DFA: α_2 e diminuíram SD1 e SD2 no pós teste da sessão com feedback real e da sessão com feedback placebo para os bons aprendizes da coerência cardíaca. Isso sugere que os bons aprendizes tiveram grande esforço para atingir a coerência cardíaca com eficiência e aumentaram mais a VFC. Os fracos aprendizes da coerência cardíaca aumentaram LF e diminuíram HF durante a sessão com feedback placebo em comparação com a sessão com feedback real. O grupo de fracos aprendizes da coerência cardíaca também apresentaram maior LF pós sessão com feedback placebo enquanto que o LF foi menor no pós teste com feedback real para este grupo de participantes. Este grupo também mostrou maior DFA: α_1 durante a sessão em comparação ao pós teste, e maior DFA: α_2 no pós teste da sessão com feedback real. Os fracos aprendizes também mostraram efeitos na modulação vagal, mas os bons aprendizes tiveram

mais resultados quanto ao aumento da VFC com a técnica de biofeedback. Por outro lado, isso é esperado já que o aumento da coerência cardíaca se relaciona com aumento de atividade do nervo vago e estes participantes tiveram maior aumento de coerência cardíaca do que os fracos aprendizes. Outro resultado foi que os bons aprendizes da coerência cardíaca mostraram menor DFA: α_2 durante a sessão com feedback real do que os fracos aprendizes de coerência cardíaca.

As evidência de efeito agudo do biofeedback cardiorrespiratório foram para o aumento de HF e D2 pós teste com feedback real, e aumento de ApEn pós teste para todos os sujeitos em ambas sessões. Houve também o aumento pós teste de DFA2, mas ainda este índice merece mais esclarecimentos. Sugerem-se mais estudos com biofeedback cardiorrespiratório e a análise dos índices de VFC em relação a performance, especialmente no que se refere a análise não linear da VFC. Os resultados quanto a auto percepção dos participantes durante as sessões com feedback real e feedback placebo não se diferenciaram. Desta forma as instruções positivas quanto ao biofeedback cardiorrespiratório tanto para a sessão com feedback real quanto para a sessão com feedback placebo pode ter influído na sugestão das sensações pós sessão. Mas também foi evidente que o feedback placebo também influuiu em características fisiológicas do organismo e isso também se relacionou com o relato das sensações de relaxamento e bem estar. Pode-se concluir que o feedback placebo do biofeedback cardiorrespiratório produziu efeitos psicofisiológicos nos participantes. Contudo é importante ressaltar que feedback real do biofeedback cardiorrespiratório mostrou índices da VFC relacionados a atividade parassimpática maiores durante a sessão do que o biofeedback com feedback placebo. Além disso a evidência de efeito agudo foi maior para o feedback real do que para o feedback placebo, mesmo que ambas sessões influíram na atividade do nervo vago.

4. ESTUDO 2: Acreditar ou não acreditar nas instruções? Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado com a manipulação de instruções no sistema nervoso autônomo e no sistema nervoso central

RESUMO

Este estudo investigou a coerência cardíaca e a VFC antes e durante biofeedback cardiorrespiratório, e os ERPs durante as tarefas de Go No/Go e Emotional Stroop pós sessão. Foram incluídos 52 jovens adultos saudáveis, divididos em dois grupos: um grupo recebeu instruções positivas induzidas e o outro grupo recebeu instruções neutras do biofeedback cardiorrespiratório antes da sessão. Os participante não souberam que a sessão se tratava do biofeedback cardiorrespiratório mas todos foram orientados a treinar a respiração abdominal lenta e a tentar aprender com o feedback. Foi encontrado o aumento da razão LF/HF e do índice DFA: $\alpha 1$ durante a sessão de biofeedback para o grupo com instruções positivas induzidas, e maior coerência cardíaca no pré teste para o grupo com instruções positivas induzidas do que para o grupo com instruções neutras. No entanto, o grupo com instruções neutras apresentou maior coerência cardíaca durante a sessão em comparação ao pré teste. Os resultados mostraram que a manipulação de instruções induzidas influenciou nos índices da VFC e na coerência cardíaca, mas também foram verificados efeitos independentes da manipulação de instruções, com o aumento da modulação vagal. Para os ERPs, o grupo com instruções positivas induzidas mostrou menor amplitude de ERN na tarefa Go No/Go e maior amplitude do ERP positivo de 700-800ms na tarefa Emotional Stroop. O ERN foi relacionado com a detecção de erro na tarefa de Go No/Go e o ERP positivo de 700ms – 800ms foi relacionado com o componente SP (slow potential conflict) para tarefa de stroop e se relacionou com o monitoramento e implementação de atenção em tarefa de conflito emocional. Os resultados do estado emocional mostraram diminuição da excitação emocional positiva e negativa para ambos os grupos após a sessão de biofeedback, e maior fadiga para o grupo com instruções neutras. Este estudo mostrou que a manipulação de instruções influenciou na coerência cardíaca e nos índices da VFC, mas o efeito da manipulação diminuiu depois que os participantes se engajaram na tarefa de biofeedback. O efeito da indução de instruções influenciou no estado de fadiga e nos ERPs em tarefa com detecção de erro e detecção de conflito.

Palavras-chave: biofeedback cardiorrespiratório, variabilidade da frequência cardíaca, ERPs, manipulação de instruções.

STUDY 2: Believe or not believe in the instructions? The effects of cardiorespiratory biofeedback associated with the misattributions instructions on the autonomic nervous system and central nervous system

ABSTRACT

This study investigated the cardiac coherence and HRV index before and during the cardiorespiratory biofeedback, and ERPs during Go No/Go and Emotional Stroop tasks post session. We included 52 healthy young adults, divided into two groups: one group received positive misattribution instructions and another group received neutral instructions of the cardiorespiratory biofeedback before the session. The participant did not know that the session it was the cardiorespiratory biofeedback but all were instructed to train the slow abdominal breathing and to try learning with the feedback. We found the LF/HF and DFA: $\alpha 1$ increased during the biofeedback session for the positive misattribution group, and higher cardiac coherence in the pre-test for the positive misattribution group than for the neutral instructions group. However the neutral instructions group showed higher cardiac coherence during the session compared to the pre-test. The results showed that the misattributions instructions can influence the HRV index and the cardiac coherence but we also found consistent effects independent of the misattribution instructions, with an increase of vagal modulation. For ERPs, the positive misattribution group showed lower ERN amplitude for the Go No/Go task and higher amplitude of the ERP in the time window of 700-800ms for the Emotional Stroop task. The ERN was related to error detection for the Go No/Go task and the positive ERP around 700-800ms was related to the SP component (slow potential conflict) for the Stroop task and may be related to the monitoring and implementation of attention for the emotional conflict task. The results of the emotional state showed a decrease of positive and negative emotional arousal for the both groups after the biofeedback session, and higher fatigue for the neutral instructions group. This study showed that the misattribution instructions influenced the cardiac coherence and HRV index, but the misattribution effect decreased after the participants engaged in the biofeedback. The effect of misattribution instructions can also influence the fatigue state and the ERPs for an error detection task and for a conflict detection task.

Keywords: cardiorespiratory biofeedback, heart rate variability, ERPs, misattribution instructions.

4.1 Introdução

Alguns estados emocionais se correlacionam com as mudanças no processo cerebral. Por exemplo, durante a meditação pode ocorrer a diminuição da ansiedade, aumento da potência theta nas áreas frontais mediais e aumento da potência de alpha, que se relacionam a estado de relaxamento e ao processo de atenção durante estado meditativo (Aftanas & Golocheikine, 2002; Kubota et al., 2001; Y. H. Lee et al., 2015; Takahashi et al., 2005). A meditação pode também aumentar a coerência cardíaca e isso pode se associar ao aumento da potência de ondas alpha do cérebro (Kim, Lee, Kim, Whang, & Kang, 2013). Segundo o estudo de Kim et al. (2013) a coerência cardíaca pode se caracterizar como um marcador cardíaco de estado meditativo e também de ondas alpha do cérebro. Assim, o biofeedback cardiorrespiratório pode se aproximar com o conceito da técnica de meditação como uma intervenção que é capaz de treinar a atenção em um estímulo e o treino do ritmo da respiração (McCraty et al., 2009).

O estudo de Prinsloo, Rauch, et al. (2013) utilizaram a técnica de biofeedback cardiorrespiratório com a duração de 10 minutos em uma sessão aguda. Os autores investigaram as oscilações cerebrais antes, durante e depois a sessão com biofeedback, e verificaram que as principais mudanças no EEG nas ondas theta e alpha durante o biofeedback foram relacionadas com estados de relaxamento e atenção. Segundo os autores o biofeedback cardiorrespiratório pode se associar com as mudanças elétricas cerebrais relacionadas ao relaxamento. Evidentemente, o biofeedback difere da meditação no tipo do estímulo, com a apresentação de feedback (McCraty et al., 2009).

O tipo do feedback do biofeedback cardiorrespiratório pode ser apresentado como a coerência cardíaca (McCraty et al., 2009). A coerência cardíaca está associada com a sincronização do ritmo cardíaco e da respiração, geralmente relacionada pela diminuição da taxa de respiração (próximo a seis respirações por minuto), e um aumento máximo da amplitude de arritmia sinusal respiratória. A coerência cardíaca é caracterizada por um pico de alta amplitude na frequência baixa (low frequency- LF) do espectro de potência da VFC, em uma frequência em torno de 0.1 Hz. Essa frequência próxima a 0.1 Hz se relaciona com o equilíbrio autonômico, dos ramos simpático e parassimpático, e reflete a ação do barorreflexo (P. Lehrer et al., 2000; Lehrer. et al., 2009; Sutarto., A., & M., 2010).

O feedback do biofeedback cardiorrespiratório pode auxiliar a aumentar a coerência cardíaca, o tônus vagal e a amplitude máxima de arritmia sinusal respiratória (P. M. Lehrer et al., 2000; Lehrer. et al., 2009). A técnica de biofeedback cardiorrespiratório pode ser uma importante ferramenta de aprendizagem para influenciar na regulação fisiológica do organismo e influir em características psicológicas e emocionais (Paul & Garg, 2012; Sutarto. et al., 2010). Estudos sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório pode influir no aumento de índices da VFC (Cowan et al., 1990; Del Pozo et al., 2004; M. K. Karavidas et al., 2007; Prinsloo, Derman, et al., 2013; Swanson et al., 2009; Zucker et al., 2009). Contudo características de manipulação placebo podem também influir nos efeitos psicofisiológicos do biofeedback (De Pascalis et al., 1991; Lombardo & Violani, 1994; Oslon & Ross, 1988; Shahidi & Powell, 1988).

A excitação psicofisiológica pode ser influenciada por uma indução com fontes erradas e pode interferir na experiência emocional. O paradigma com indução de instruções (“misattribution instructions”) pode ser útil para investigar as mudanças psicofisiológicas relacionadas a excitação emocional por meio da manipulação das instruções diante uma intervenção (Inzlicht & Al-Khindi, 2012).

A partir deste paradigma com indução de instruções, este estudo de tese se baseou em manipular as instruções antes do biofeedback cardiorrespiratório. A manipulação de instruções pode influir em aspectos emocionais, crença e motivação diante a técnica de biofeedback, e pode influir na performance de coerência cardíaca durante a sessão. Segundo Etkin et al. (2006) e Inzlicht and Al-Khindi (2012) estímulo emocional pode ser um importante aspecto de interferência nos processos cognitivos. Assim, para este estudo de tese, a investigação dos ERPs após a técnica de biofeedback cardiorrespiratório pode investigar a influência da excitação emocional associada a manipulação de instruções sobre o desempenho cognitivo e atividade elétrica cerebral em determinado evento e tempo.

Os ERPs (potenciais relacionados a eventos) são registrados durante tarefas cognitivas e se relacionam a latência, distribuição cortical, e a relação com variáveis experimentais. Por meio dos ERPs é possível investigar o processamento de informações em determinada tarefa cognitiva e determinado tempo o que pode representar o nível de engajamento cognitivo (Luck, 2005; Thomas et al., 2007). Nesta tese foram investigados ERPs durante tarefas cognitivas que envolveram detecção de erro (tarefa Go No/Go) e detecção de conflito (tarefa Emotional Stroop).

O monitoramento e detecção de erro é uma função relevante para possibilitar a correção do comportamento e guiar para a meta desejada. Algumas ocupações e atividades exigem uma tolerância muito baixa para erros e, portanto, estão relacionadas com um alto grau de controle cognitivo para um desempenho eficaz. O componente do ERP que se relaciona a detecção de erro é o ERN (negatividade relacionada ao erro) e está associado o monitoramento de desempenho de erro. O ERN é um desvio negativo no eletroencefalograma (EEG) em torno de 100ms (tempo bloqueado na resposta de erro) geralmente associado ao erro, e geralmente seguido por um componente positivo (Pe= positividade relacionada ao erro), e associado com a região do córtex cingulado anterior do cérebro (Coles et al., 2001; Falkenstein et al., 1991; Inzlicht & Al-Khindi, 2012).

Segundo alguns estudos (Amodio et al., 2008; Hajcak et al., 2004; Inzlicht & Al-Khindi, 2012) o ERN pode ser influenciado pelo estado emocional e motivacional, apresentado amplitude maior (ou seja, mais negativo) quando associado a emoções negativas. Considerando não ter diferenças em performance cognitiva, e somente considerando a amplitude do ERN, uma grande amplitude de ERN pode estar relacionada a maior atenção e vigilância, mas também ao “medo” e apreensão durante tarefa cognitiva (Grasso et al., 2012). E uma menor amplitude de ERN se relacionar a menor detecção de erro na tarefa cognitiva, mas pode também estar associada a uma boa eficiência cognitiva para determinada tarefa relacionada a excitação emocional. Por isso, a análise teórica da amplitude do ERN vai depender do tipo de manipulação experimental e do tipo de tarefa cognitiva realizada (Grasso et al., 2012). Contudo a influência da emoção sobre o componente cognitivo do ERN ainda é discutida e não é consenso em todos os estudos de que é possível encontrar a influência emocional no ERN (Olivet & Hajcak, 2008).

A detecção de conflito é outro processo do cérebro, e possui diferentes circuitos do processo de detecção de erro, mas podem se relacionar. A detecção de conflito pode se relacionar com o córtex cingulado anterior, região pré-frontal dorsolateral (Botvinick et al., 2001; Larson et al., 2009; Liston et al., 2006) e também centro parietal e parietal posterior para a representação de conflito (Liston et al., 2006).

A detecção de conflito é geralmente investigada em tarefa de Stroop. A tarefa de stroop é capaz de medir o conflito cognitivo e controle executivo. A clássica tarefa de Stroop (Stroop, 1935) envolve a nomeação da cor com uma apresentação de palavra colorida em outra cor, que gera conflito cognitivo no estímulo incongruente (Coderre,

Conklin, & van Heuven, 2011). A tarefa de Emotional Stroop utilizada neste estudo de tese, é a tarefa de stroop adaptada com conotação emocional (Carroll & Young, 2005; Etkin et al., 2006; Zhu et al., 2010). Para a tarefa de emotional stroop sugere-se que a amígdala tem papel fundamental para a detecção de conflito além do córtex pré frontal dorsolateral (Etkin et al., 2006).

Os ERPs que podem se relacionar a esta tarefa são o P3 e o SP (*slow potential conflict*= potencial lento de conflito). O P3 pode estar relacionado com o processo de atenção, e isso se reflete especificamente com o processo de input do estímulo emocional durante a tarefa cognitiva (Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson et al., 2008), ocorrendo geralmente na latência de 300ms. O P3 detectado em tarefas de conotação emocional pode estar associado ao processo de se relaciona a botton-up (de baixo para cima) mas não atua independente do processo top-down (de cima para baixo) (van Hooff et al., 2008). Já o componente SP (*slow potential conflict*= potencial lento de conflito) pode apresentar uma latência mais tardia que o P3, após os 500ms, em uma região parietal posterior. Este componente pode estar associado com a resolução de conflito, sustentação e implementação da atenção para processar a tarefa com eficiência (Shen et al., 2013; West, 2003).

Os componentes do ERP durante detecção de erro e detecção de conflito possibilitam investigar como o cérebro é capaz de processar diferentes estímulos em diferentes circuitos cerebrais que se conectam para permitir a integração das emoções, estado de motivação, cognição e controlo do motor (Swick & Turken, 2002). Para tanto, os componentes ERN, P3 e SP foram investigados neste estudo de tese após o biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação de instruções sugerindo a pergunta “A manipulação de instruções no biofeedback cardiorrespiratório pode ter impacto em detecção de erro e detecção de conflito no cérebro?”. Além disso, foram investigados os efeitos do biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação de instruções na coerência cardíaca e nos índices da VFC visando compreender o sistema nervoso autônomo neste contexto experimental, e a pergunta também foi realizada “A manipulação de instruções antes do biofeedback cardiorrespiratório pode influir na coerência cardíaca e nos índices da VFC?”. Para estas questões o item a seguir mostra os objetivos deste estudo.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo geral

- Investigar como o biofeedback cardiotorrespiratório associado às instruções positivas induzidas (atribuídas) e instruções neutras pode influir no sistema nervoso autônomo e no sistema nervoso central.

4.2.2 Objetivos específicos

- Verificar a influência de uma sessão de biofeedback cardiotorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras no sistema nervoso autônomo.

- Verificar a performance cognitiva durante as tarefas cognitivas relacionadas a detecção de erro e detecção de conflito.

- Verificar os potenciais relacionados a eventos no processo de detecção de erro e no processo de detecção de conflito após o biofeedback cardiotorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras

- Verificar a relação dos índices do sistema nervoso autônomo durante uma sessão de biofeedback cardiotorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras com os potenciais relacionados a eventos durante as duas tarefas cognitivas após a sessão de biofeedback.

- Examinar o estado de humor antes e depois uma sessão de biofeedback cardiotorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras.

4.3 Método

Este estudo foi realizado no laboratório de EEG do Programa de Psicologia da Universidade de Goldsmiths em Londres (Inglaterra) sob a supervisão do Professor Joydeep Bhattacharya, e investigou os efeitos de uma sessão de biofeedback cardiotorrespiratório associado a instruções positivas induzidas e a instruções neutras no sistema nervoso autônomo

e no processamento elétrico do cérebro. Para este estudo a variabilidade da frequência cardíaca e coerência cardíaca foram registradas durante o biofeedback cardiorrespiratório e analisadas como o parâmetro indireto e não invasivo do sistema nervoso autônomo. O eletroencefalograma (EEG) foi registrado após as sessões de biofeedback cardiorrespiratório durante tarefa de detecção de erro (“tarefa de Go No/Go”) e de durante tarefa de detecção de conflito (“tarefa de Emotional Stroop”).

Os itens deste método descrevem os procedimentos deste experimento e tratamento e análise dos dados. As tabelas, figuras e os gráficos apresentados no estudo 2 estão organizados de forma independente do estudo 1, assim como os anexos e apêndices. Algumas figuras e gráficos estão dispostos na língua inglesa, devido o desenvolvimento deste trabalho ocorrer em parceria e co-orientação com o Professor Joydeep, do laboratório da Universidade de Goldsmiths (Londres).

4.3.1 Participantes

Participaram deste estudo 52 jovens adultos (média de idade= 20.92 anos, DP= 3.64, 7 homens, 45 mulheres, 1 dominância manual esquerda) com visão normal ou corrigida. Os participantes eram alunos da Universidade de Goldsmiths em Londres (Inglaterra), do curso de Psicologia e todos eram aptos a se comunicar por meio da língua inglesa para compreensão desta pesquisa. Todos os participantes foram considerados saudáveis (auto-relato), sem condições psiquiátricas, neurológicas, cardiovasculares e sem problemas respiratórios. Nenhum dos participantes apresentava o diagnóstico de diabetes, história lesão cerebral, uso e abuso de substâncias ilícitas e medicamentos para alteração de humor.

Os participantes foram divididos de forma randômica em dois grupos: (1) grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas (PMI) e (2) grupo com instruções neutras (NI). As siglas “PMI” e “NI” utilizadas para nomear os grupos significam PMI=positive misattribution instructions (o termo “misattribution” foi utilizado na busca de referências bibliográficas e foi o termo mais adequado para este delineamento de grupo. Em português o nome do grupo foi adaptado para “grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas”). E a sigla “NI” significa=neutral instructions (termo

utilizado para o grupo que não recebeu instruções com indução. É o grupo neutro).

Para o grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas (PMI) participaram $n=26$, média de idade=20.27 anos, $DP=3.30$, 2 homens, 24 mulheres; e para o grupo com instruções neutras (NI) participaram $n=26$, média de idade=21.58 anos, $DP=3.91$, 5 homens, 21 mulheres. Os participantes nos dois grupos foram similares nas características: uso de tabaco (PMI $n=5$; NI $n=6$ fumantes); média de anos de estudo formais (PMI $n=13.74$ anos de estudo $DP=1.64$; e NI $n=14.28$ anos de estudo $DP=3.72$); e prática regular de exercícios (PMI $n=16$; NI $n=19$).

Nenhum dos participantes era praticante de yoga, meditação ou estava em algum programa de intervenção com biofeedback simultaneamente a participação desta pesquisa. Participantes experientes em yoga e meditação não foram incluídos neste estudo considerando que o conhecimento prévio de técnicas respiratórias influi no desempenho da sessão de biofeedback e poderia interferir nos resultados desta pesquisa. Além disso, técnicas respiratórias treinadas no yoga e na meditação podem influir em estados emocionais, estresse, e em características psicofisiológicas como no aumento da coerência cardíaca e no aumento da atividade parassimpáticas do sistema nervoso autônomo (Lehrer, et al., 2000; Recordati, 2003).

Para que esta pesquisa fosse executada o projeto foi aprovado pelo comitê de ética do Departamento de Psicologia da Universidade de Goldsmiths, de Londres (Inglaterra). O experimento ocorreu de acordo com declaração de ética de Helsinki e todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido previamente à participação do experimento (Anexo 6: Consent form).

4.3.2 Questionários

Para investigar os estados de humor e emoções dos participantes, foram administrados questionários antes e durante o experimento. Foi utilizado o instrumento PANAS Scale (Watson & Clark, 1994) (Anexo 1) antes da manipulação de instruções e depois da sessão de biofeedback cardiorrespiratório. Este questionário foi importante para investigar o estado de humor antes e depois da manipulação experimental. O PANAS é uma escala auto administrada envolvendo 60 itens que são classificados numa escala de Likert de 5

pontos. A escala mensura vários estados de humor associados com humor negativo (como exemplo, medo, hostilidade, culpa, e tristeza), humor positivo (como exemplo, jovialidade, auto-confiança e atenção), e outros 4 estados de humor (timidez, fadiga, serenidade e surpresa).

Além disso, após o biofeedback cardiorrespiratório com manipulação de instruções foi aplicado um breve questionário com perguntas abertas e fechadas. Este questionários pós sessão de biofeedback objetivou investigar a estratégia adotada para realizar a sessão de biofeedback e as sensações e percepções relacionadas com a sessão (Apêndice 1: Questionário Pós Sessão de Biofeedback).

Para auxiliar no controle de variáveis outros questionários foram utilizados para descrição dos grupos, como: Questionário de Sensações Corporais (The Body Sensation Questionnaire) (Chambless, Caputo, Bright, & Gallagher, 1984); Questionário de Consciência Corporal (Body Awareness Questionnaire) (Shields, Mallory, & Simon, 1989); Inventário de Personalidade de 10 Itens – TIPI 10 (Ten-Item Personality Inventory) (Gosling, Rentfrow, & Swann, 2003); Escala de Motivação (Motivation Scale) (Guay, Vallerand, & Blanchard, 2000).

O Questionário de Sensações Corporais (Chambless et al., 1984) (Anexo 2: The Body Sensation Questionnaire) foi aplicado antes do experimento e consiste em uma escala com 17 itens que abrange itens relativos a sensações associadas com excitação autonômica. Os participantes foram solicitados a relatar sensações experimentadas durante exposição de nervosismo ou em uma situação temida. Cada item foi avaliado em uma escala de 5 pontos que vai de “sem medo ou sem preocupação com essa sensação” a “extremamente assustado com essa sensação”, o que indica como a ansiedade é provocada no participante.

O Questionário de Consciência Corporal (Anexo 3: Body Awareness Questionnaire) (Shields et al., 1989) foi utilizado para avaliar a consciência corporal dos participantes e ter como controle de variável a auto percepção do corpo. O questionário de consciência corporal compõe 18 itens divididos em 4 fatores: mudanças no processo corporal, previsão de reação corporal, ciclo sono-vigília, e percepção de início de doença. As respostas foram medidas em uma escala de 7 pontos variando de 1 (não absoluta verdade sobre mim) a 7 (muito verdadeiro sobre mim). Os escores mais altos indicam uma maior consciência corporal.

Para controlar possíveis diferenças individuais relacionadas à personalidade, utilizou-se o Inventário de Personalidade de 10-Itens (TIPI-10) (Gosling et al., 2003) (Anexo 4: Ten-Item Personality (TIPI10)) . Este questionário contém dois itens para cada uma das cinco

dimensões do Modelo de cinco fatores. Cada item é avaliado usando uma escala de 7 pontos, variando de 1 (Discordo) a 7 (concordo muito).

Após a sessão de biofeedback todos os participantes completaram a escala de 16 itens de motivação situacional (Anexo 5: Motivation Scale) em uma escala de Likert de 7 pontos (Guay et al., 2000). Este questionário foi utilizado após o biofeedback cardiorrespiratório, antes da execução das tarefas cognitivas, a fim de controlar a variável “motivação”, já que a manipulação de instruções pode influir na motivação dos participantes. Outro instrumento para controle de variáveis foi a ficha de dados, utilizada para compilar características dos participantes (como: idade, sexo, anos de estudo formal, etc) e mapear se os participantes já haviam praticado técnicas de yoga e meditação (Anexo 2: Ficha de dados).

4.3.3 Tarefa Go No/Go

A tarefa de Go No/Go foi utilizada após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório e investigou o processo de controle inibitório, possibilitando avaliar por meio dos ERPs (potenciais relacionados a eventos) a detecção de erro na tarefa. Esta tarefa é utilizada em muitos estudos com o objetivo de avaliar controle inibitório e detecção de erro (Donders, 1969; Donkers & van Boxtel, 2004; Lamers & Roelofs, 2011; Schulz et al., 2007; Simpson & Riggs, 2006; Zhang & Lu, 2012).

Para programar esta tarefa para o experimento, este estudo se baseou na versão modificada da tarefa de Go No/Go utilizada por Inzlicht and Al-Khindi (2012). O software E-prime (Psychology Software Tools, Inc; Pittsburgh, PA, USA) foi utilizado para programar a apresentação dos estímulos e a aquisição dos dados durante a tarefa. A tarefa envolveu dois estímulos, um que representava “GO/go” (representado pela letra “M”) e outro estímulo que significava o “NO/go” (representado pela letra “W”).

Durante a tarefa os participantes deveriam pressionar o botão sempre que fosse visualizada na tela do computador a letra “M”, e deveriam inibir o comportamento de pressionar o botão quando a letra “W” fosse apresentada. Os participantes deveriam responder o mais rápido possível pressionando o botão para letra “M”. Uma imagem fixa (“+”) com uma duração randômica (0.25-1s) foi apresentada entre cada tentativa. A tarefa começou com um bloco para a prática, envolvendo 16

tentativas (12 GO/go e 4 NO/go). Em seguida, foram apresentados 5 blocos com 100 tentativas cada um (85 Go/go and 15 NO/go), com uma apresentação randômica de ordem de apresentação dos estímulos. O tempo máximo para a resposta foi de 550ms. No total foram apresentados aos participantes 516 tentativas (prática + 5 blocos). O software E-Prime registrou a performance média para o tempo de reação para resposta corretas e respostas incorretas, e o número de erros para GO/go e o número de erros para NO/go.

4.3.4 Tarefa Emotional Stroop

A tarefa Emotional Stroop tem sido utilizada em diversos estudos envolvendo a investigação dos processos cerebrais com o EEG (Mathews & MacLeod, 1985; Taake et al., 2009; Thomas et al., 2007; van Hooff et al., 2008; Williams et al., 1996; Zhu et al., 2010). Esta tarefa foi realizada após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório e se caracterizou por envolver estímulos com interferência e conflito para o cérebro (efeito stroop com estímulo congruente e estímulo incongruente). Por meio do EEG e especialmente com a análise dos ERPs (potenciais relacionados a eventos) é possível investigar a detecção de conflito nesta tarefa (Taake et al., 2009).

Com o software E-prime (Psychology Software Tools, Inc; Pittsburgh,PA, USA) esta tarefa foi programada para a apresentação de estímulos e registro dos dados de desempenho. Foi orientado aos participantes que respondessem o mais rápido possível a cada estímulo, pressionando o botão 1 quando a face apresentava uma expressão “Feliz” e o botão 2 quando a face apresentava uma expressão de “Medo”, sendo necessário inibir a palavra escrita no centro da face (palavra “Happy”=“Feliz” ou palavra “Fear”= “Medo”). Ou seja, eram apresentados aos participantes estímulos congruentes (face feliz com palavra feliz; e face de medo com palavra medo) e estímulos incongruentes (face feliz com palavra medo; face de medo com palavra feliz).

As palavras “Happy” (feliz) e “Fear” (medo) foram escritas em cor preta e foram projetadas ao centro da face, próximo a linha do nariz. A Figura 1 mostra um exemplo de uma face de “medo” com a palavra “Happy” (“feliz”), caracterizando um estímulo incongruente. Esta imagem é uma foto retirada durante a coleta de dados desta pesquisa, na sala onde o pesquisador monitora todos os registros de dados. O

participante fica em outra sala isolada e para o mesmo só é apresentada uma tela de computador com a imagem do estímulo.

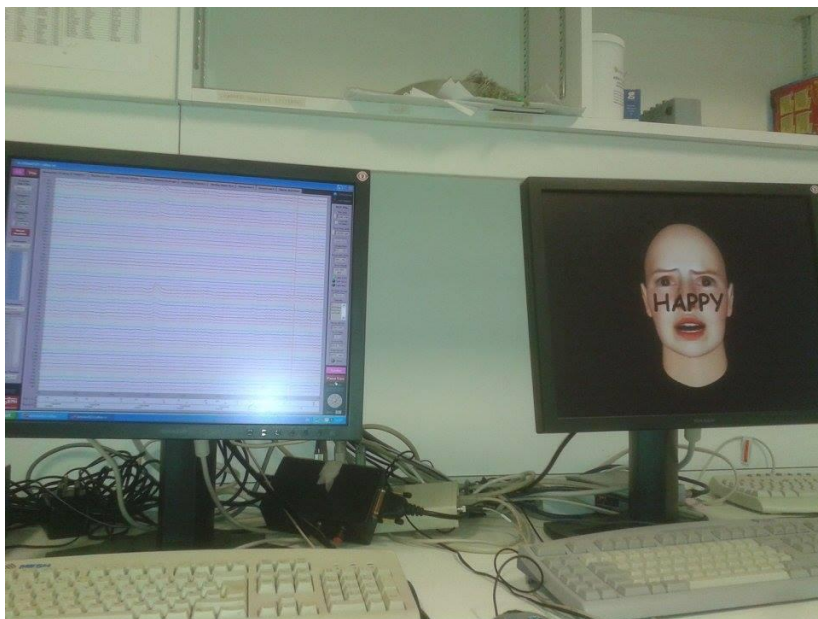


Figura 1: Tarefa de Emotional Stroop

Foram geradas 424 faces por meio do software FaceGen Modeller Software (Singular Inversions Inc., Vancouver, BC, Canada) sendo 106 faces “feliz” com características femininas, 106 faces de “medo” com características femininas, 106 faces “feliz” com características masculinas e 106 faces de “medo” com características masculinas. Um imagem fixa (+) com duração randômica (0.25-1 s) foi apresentada entre cada tentativa. A tarefa iniciou com um bloco de prática envolvendo 24 tentativas (com 12 estímulos congruentes e 12 estímulos incongruentes), seguindo por 5 blocos com 80 tentativas cada (40 estímulos congruentes e 40 estímulos incongruentes). O tempo máximo para resposta foi de 1s. No total foram 424 tentativas (prática + 5 blocos) sem repetição de face. Foi registrada a média para tempo de reação para estímulo congruente e estímulo incongruente, número de erros para estímulo congruente e incongruente e efeito stroop.

4.3.5 Equipamento de eletroencefalograma (EEG)

Foi utilizado um equipamento de eletroencefalograma (EEG) com 64 eletrodos ativos amplificados pelo BioSemi ActiveTwo® (<http://www.biosemi.com/index.htm>). O eletrooculograma vertical e horizontal (EOG) foi registrado por meio de quatro eletrodos adicionais para monitorar piscar de olhos e movimentos oculares horizontais. Os sinais de EEG foram gravados com uma frequência de amostragem de 512 Hz e filtro entre 0.16 Hz - 100 Hz.

4.3.6 O Biofeedback cardiorrespiratório: Hardware e Software

O hardware e software do biofeedback cardiorrespiratório foi desenvolvido pelo Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC/Brasil) sob a coordenação do Professor Jefferson L.B. Marques. O hardware foi enviado via correio para a Inglaterra durante o período deste estudo e a programação do software foi testada em conjunto pelos pesquisadores de ambas universidades (UFSC/Brasil e Goldsmiths/Londres) durante o mesmo período.

O hardware para a aquisição da variabilidade da frequência cardíaca foi desenvolvido para adquirir o sinal do eletrocardiograma (ECG, sinal bipolar) em microvolts, promovendo um sinal de output digital para onda com eventos R – R. O hardware possui uma saída para 3 eletrodos para capturar o sinal do ECG com o sistema do triângulo de Einthoven, onde um é a referência do circuito e os outros dois eletrodos são amplificadores da instrumentação interna. Estes 3 eletrodos devem ser posicionados na região torácica do participante.

O hardware foi conectado via USB no computador para a comunicação com o software. A Figura 2 mostra a o hardware desenvolvido. (Figure 2: HRV Hardware)



Figura 2: HRV Hardware

O software de biofeedback cardiorrespiratório foi programado e rodado por meio do MATLAB (The MathWorks, Inc., Natick, MA). Os dados do batimento cardíaco foram gravados como duas medidas do domínio do tempo: os intervalos R-R (a medição do tempo entre a onda R de um batimento cardíaco e da onda R do batimento cardíaco anterior) e o número total de batimentos. Os intervalos R-R da variabilidade da frequência cardíaca foram registrados com uma taxa de amostragem de 256 Hz. Os dados R-R foram convertidos para o domínio da frequência utilizando a análise espectral (Fast Fourier Transform). A densidade espectral de potência foi determinada em componente muito baixo (very low component) (<0.04 Hz), componente de frequência baixo (low frequency component) ($0.04 - 0.26$ Hz) e componente de alta frequência (high frequency component) (>0.26 Hz).

Para o software de biofeedback cardiorrespiratório o pico máximo foi identificado entre as em torno das frequências $0.04-0.26$ Hz e posteriormente a potência do pico foi calculada em uma janela ampla de 0.030 Hz, centrando no pico mais alto desta frequência. A coerência cardíaca é caracterizada como um grande aumento no componente de frequência baixo (low frequency=LF), geralmente em torno de 0.1 Hz, com simultânea diminuição nos componentes muito baixos (low frequency=VLF) e componentes altos (high frequency=HF) (McCraty et al., 2009). Portanto, a potência total é a variância de todo o sinal destas três frequências, e a função para a coerência cardíaca foi: *Coherence ratio* = $power((peakpower / (totalpower - peakpower)), 2)$. Outro estudo (Courtney, Cohen, & van Dixhoorn, 2011; McCraty et al., 2009; Prinsloo, Derman, et al., 2013) também utilizou este mesmo cálculo de

função de coerência cardíaca, entretanto com um sensor de mensuração de fotopletismografia auricular (Quantum Intec, Inc, Boulder Creek, California).

A figura 3 mostra os picos de frequência de potência para o cálculo do índice da coerência cardíaca (McCraty et al., 2009).

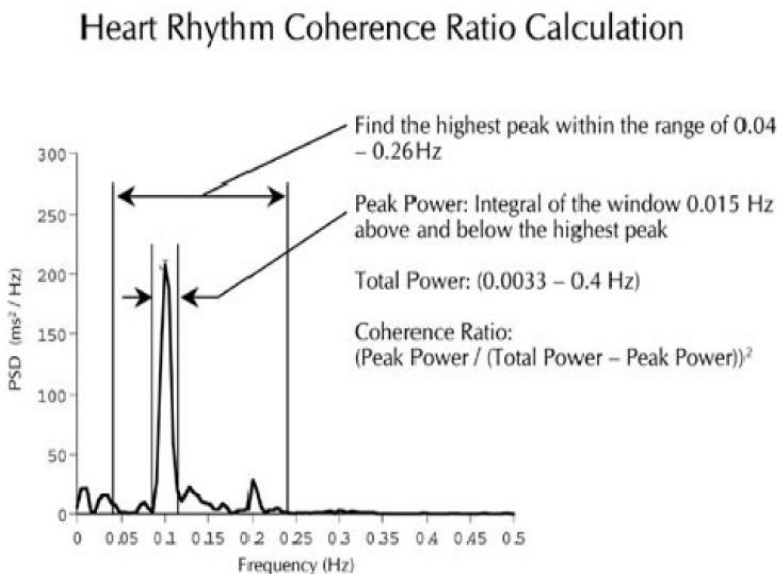


Figura 3: Cálculo da coerência cardíaca (McCraty et al., 2009, p.23)

Para este software de biofeedback cardiorrespiratório, os primeiros 50s da sessão foram utilizados para rodar os cálculos da coerência cardíaca, e a partir deste cálculo o feedback da coerência cardíaca era apresentado na tela do computador e reatualizado momento a momento durante a sessão. Por isso o tempo de registro da sessão foi de 50 segundos (processamento de dados para cálculo da coerência cardíaca- sem apresentação de feedback neste momento) + 20 minutos (sessão de treino biofeedback cardiorrespiratório com apresentação de feedback). Durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório o software apresentou somente o feedback referente à coerência cardíaca.

O feedback da coerência cardíaca foi representado com uma bola verde que ficava posicionada dentro de uma bola maior em cor preta. A bola preta era estática, e a bola verde foi caracterizada como a coerência cardíaca, e podia aumentar ou diminuir rapidamente de

tamanho conforme as mudanças da coerência cardíaca. O participante deveria tentar aumentar o tamanho da bola verde, e isso representaria para este estudo o aumento da coerência cardíaca. O item a seguir descreve a sessão de biofeedback cardiorrespiratório.

4.3.7 A sessão de Biofeedback cardiorrespiratório – nome fictício de sessão “BRIC”

A sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi realizada em efeito agudo para ambos os grupos e se diferenciaram somente em relação a manipulação de instruções. Um grupo recebeu instruções com indução positiva (grupo de instruções positivas induzidas = PMI) e o outro grupo recebeu instruções neutras (grupo de instruções neutras = NI). Para os dois grupos as instruções foram manipuladas somente após a aplicação dos questionários e antes do registro de repouso da variabilidade da frequência cardíaca e da sessão de biofeedback.

As instruções para o grupo PMI baseou-se em destacar os aspectos positivos da técnica de biofeedback cardiorrespiratório, tal como diminuição de estresse, diminuição de ansiedade e aumento da atenção e alerta. As instruções para o grupo NI não destacaram os aspectos positivos da técnica de biofeedback cardiorrespiratório, mantendo um direcionamento neutro da sessão. As instruções foram entregues de forma escrita a todos os participantes. A versão original das instruções, em inglês, se encontra no Apêndice 3 referente ao estudo 2 desta tese. Abaixo segue a descrição das instruções para o grupo PMI e para o grupo NI. Somente a frase em negrito se diferiu para as instruções dos grupos.

"O objetivo deste experimento é investigar o efeito de uma nova técnica interativa, chamada de “BRIC”, no desempenho cognitivo. [Esta técnica “BRIC” tem efeitos positivos para diminuir o estresse, a ansiedade e aumentar a atenção e o estado de alerta.] (OBS frase com indução positiva para o grupo PMI). Ou [Esta técnica “BRIC” não tem efeitos secundários conhecidos, positivos ou negativos, nem para estresse e ansiedade ou para atenção e alerta.] (OBS frase neutra para o grupo NI). Na sessão de “BRIC”, uma bola preta e uma bola verde irão aparecer na tela, e sua tarefa é aumentar o tamanho da bola verde, tentando influenciar sua frequência cardíaca e respiração. Note que você pode adotar várias estratégias que você pode descobrir e testar

por si mesmo, mas algumas alternativas, como manter o foco da atenção, manter um padrão de respiração suave, e treinar uma exalação maior do que a inalação, funcionam melhor do que outras alternativas. Pode demorar um pouco para observar as mudanças no tamanho da bola verde, mas continue tentando. Tente relaxar e evitar fazer movimentos bruscos. Se você se sentir cansado ou com tonturas, busque manter a sua respiração tranquila e suave. Note que não há certo ou errado em relação as estratégias; escolha aquela que mais lhe convier. A sessão “BRIC” terá a duração de 20 minutos. Depois, você vai participar de duas tarefas cognitivas, e suas instruções serão fornecidas quando apropriado.”

Como este experimento objetiva manipular as instruções (e isso influi em manipular aquilo que o participante acredita ou irá acreditar), optou-se por criar um nome fictício da sessão de biofeedback cardiorrespiratório. Desta maneira, o nome da sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi de forma fictícia chamada de “BRIC” evitando que os participantes chegassem ao experimento com uma idéia pré-elaborada de realizar o biofeedback. Isso porque na Inglaterra, país onde foi realizada a coleta de dados, a técnica de biofeedback já é bastante conhecida pelos alunos de Psicologia, e geralmente esta técnica é associada aos efeitos de diminuição de estresse e ansiedade.

Outro aspecto de controle para as instruções foi que os participantes não receberam nenhuma informação em relação ao significado da coerência cardíaca. Os participantes também não sabiam que a bola verde apresentada na tela do computador representava o cálculo da coerência cardíaca. As instruções foram controladas e somente a indução de efeitos positivos foi referida. O nome fictício “BRIC” auxiliou como um controle de variável.

4.3.8 Procedimentos e Registro de Dados

A coleta de dados foi conduzida na Universidade de Goldsmiths em Londres (Inglaterra). Para o recrutamento de participantes, este estudo foi cadastrado no sistema da Universidade de Goldsmiths e todos os estudantes do primeiro ano de Psicologia tiveram acesso online para marcar um horário e participar do experimento. Cada estudante do primeiro ano de Psicologia poderia ganhar até 6 créditos com a participação nesta pesquisa (pois faz parte da grade curricular dos

estudantes participar de pesquisas). Todos os participantes foram recrutados de forma randômica e separados em dois grupos: grupo que recebeu instruções positivas induzidas antes da sessão de biofeedback cardiopulmonar (grupo PMI); e o grupo que recebeu instruções neutras antes da sessão de biofeedback cardiopulmonar (grupo NI).

Primeiramente os participantes responderam ao termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo 6: Cosent form) e aos questionários: ficha de dados, Body Sensation Questionnaire (Chambless et al., 1984), Body Awareness Questionnaire (Shields et al., 1989), PANAS (Watson & Clark, 1994), e o Ten-Item Personality Inventory (TIPI-10) (Gosling et al., 2003).

O eletroencefalograma (EEG) com 64 eletrodos ativos foram então colocados no participante de acordo com o sistema estendido 10-20 e os três eletrodos cardíacos foram colocados na região torácica. O participante foi conduzido para a sala experimental e recebeu de forma escrita as instruções para a sessão de biofeedback cardiopulmonar (instruções com indução positiva-grupo PMI; ou instruções neutras-grupo NI). Para ambos os grupos, os participantes foram orientados a buscar estratégias para atingir o objetivo da sessão e foram fornecidas dicas como treinar a atenção, manter a sincronia da respiração e treinar uma exalação mais longa do que a inalação.

Em seguida foi realizado com o HRV hardware e software o registro dos intervalos R-R durante 5 minutos em estado de repouso. A sessão de biofeedback cardiopulmonar associado a instruções positivas induzidas e instruções neutras foi realizada posteriormente. Nota-se que todos os participantes receberam as instruções antes da fase de registro dos intervalos R-R de repouso e da sessão de biofeedback. Ressalta-se ainda que os primeiros 50 segundos da sessão foram utilizados somente para o processamento de dados de coerência cardíaca do software de biofeedback cardiopulmonar bem como já mencionado no item 4.3.5 desta tese. O treinamento de biofeedback cardiopulmonar durou 20 minutos.

A Figura 4 a seguir é uma foto registrada no início da sessão de biofeedback cardiopulmonar. Na foto, a tela do computador mostra a bola preta para início do treino de biofeedback cardiopulmonar (a bola verde aumentou logo em seguida mas na imagem a bola verde ainda se apresenta muito pequena). É possível observar que o participante está com a touca do EEG. Os eletrodos cardíacos também estão posicionados na região torácica.



Figura 4: Foto do display-Biofeedback

Após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório os participantes responderam a uma segunda aplicação do PANAS (Watson & Clark, 1994), ao questionário de motivação (the 16-item Situational Motivation Scale) (Guay et al., 2000) e ao questionário pós sessão de biofeedback. O intervalo de tempo entre o término da sessão de biofeedback e o início da tarefa cognitiva deu-se no máximo 5 minutos.

Com software E-prime (Psychology Software Tools, Inc; Pittsburgh, PA, USA) foram realizadas as tarefas de Go No/Go e Emotional Stroop. A sequência para realizar estas tarefas foi de forma contrabalançada para ambos os grupos (13 participantes iniciaram com a tarefa Go No/Go e 13 participantes iniciaram com Emotional Stroop). A tarefa Go No/Go durou aproximadamente 10 minutos e a tarefa Emotional Stroop durou cerca de 15 minutos. Optou-se por aplicar as tarefas cognitivas somente após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório pois o objetivo deste estudo se deteve em comparar os grupos com manipulação de instruções, e portanto o grupo neutro foi o controle. Todo o experimento durou cerca de 2 horas e 30 minutos, considerando a colocação e retirada de todos os eletrodos no participante.

4.3.9 Análise da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e da coerência cardíaca

Para a análise da VFC durante o repouso e durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório os dados foram gerados e salvos em um arquivo *txt* com o valor dos intervalos RR(s) e exportados para Kubios HRV Analysis Software. O Kubios HRV Analysis é um software desenvolvido para executar diferentes análises da variabilidade da frequência cardíaca (análise no domínio do tempo, domínio da frequência e análise não linear). Os dados foram processados no Kubios HRV com redução de artefato médio, remoção do *trend components* por meio do *smooth priors method* ($\lambda = 500fc = 0.035hz$), com interpolação RR de 4Hz, janela espectral FFT de 2048(s), 25% *overlap window*, 16 *AR order model spectrum* com uso de fatoração. Foram analisados os parâmetros da VFC: domínio do tempo análises (HR1/min, RRms, SDNNms, RMSSDms, pNN50%) análise do domínio da frequência (razão LF/HFms²), análise de Poincaré (SD1ms, SD2ms), entropia aproximada (ApEn), as flutuações depuradas de curto prazo (DFA: α 1) e de longo prazo (DFA: α 2) e correlações de dimensão (D2) (Tarvainen et al., 2014). Os indicadores da VFC foram analisados durante 5 minutos de repouso e durante 20 minutos da sessão de biofeedback.

O valor da coerência cardíaca (em segundos) foi processado pelo software de biofeedback por meio do MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, MA), e foi calculada a média e desvio padrão da coerência cardíaca de cada participante para cada etapa (repouso e biofeedback).

Os indicadores da VFC e a coerência cardíaca não foram normalizados pelo estado de repouso do participante pois o efeito de manipulação de instruções pode ter iniciado antes de todos os registros psicofisiológicos. Desta forma, o estado de repouso pode ter sido influenciado pela manipulação de instruções da sessão de biofeedback cardiorrespiratório.

4.3.10 Análise do EEG

Os dados foram pré-processados utilizando o EEGLAB, uma toolbox do MATLAB, e os ERPs (potenciais relacionados a eventos) e

as grandes médias dos ERPs (*grand average ERPs*) foram analisadas utilizando o FieldTrip (Oostenveld, Fries, Maris, & Schoffelen, 2011).

No pré- processamento os dados do EEG foram re-referenciados para a referência média comum e filtrado com passa-alto de 0.5 Hz e passa-baixo a 70 Hz. Os dados passaram por um tratamento semi- automático, com inspeção visual para remover os grandes artefatos gerados por músculos (alta frequência), seguindo pela análise de componentes independente (ICA). Após o ICA os canais ruins foram interpolados. As piscadas de olhos foram corrigidas por uma análise de componentes independentes. As análises para cada tarefa são descritas a seguir:

4.3.10.1 Tarefa Go No/Go e Emotional Stroop

As épocas (*epochs*) para a tarefa de Go No/Go e Emotional Stroop que excederam a amplitude de 80 μ V foram descartadas. Para os ERPs foi passado um passa-baixo de 35Hz e à média do repouso (-200 a 0 ms) foi subtraída do sinal. Para as duas tarefas cognitivas, foi calculada a amplitude dos ERPs e o grande média dos ERPs (*grand average ERPs*) utilizando o FieldTrip (Oostenveld et al., 2011). As análises de ERPs para cada tarefa cognitiva esta descrita abaixo:

- (a) Para a tarefa de Go No/Go as épocas (*epochs*) foram baseadas na resposta e foram geradas -500ms antes e 500ms depois da resposta correta e resposta incorreta. A média de tentativas utilizadas para a resposta correta para o grupo PMI foi 315.81 (DP=78.720) e para o grupo NI foi 293 (DP=95.33). A média para o número de tentativas utilizadas para a resposta incorreta para o grupo PMI foi de 19.62 (DP=9.97) e para o grupo NI foi de 18 (DP=7.79). Os ERPs foram analisados na área centro-parietal (média de FC5, FC3, FC1, C1, C3, C5, FC6, FC4, FC2, FCz, Cz, C2, C4, C6) em uma janela de tempo em torno de -50 a 100ms (Negatividade relacionada ao evento -ERN); e na área parieto-ocipital (média de Pz e POz) numa janela de tempo de 300ms a 400ms (Pe).
- (b) As épocas (*epochs*) para a tarefa de Emotional Stroop se basearam no estímulo, e foram geradas de -500ms antes e

1000ms depois do estímulo congruente e do estímulo incongruente. A média para o número de tentativas para o estímulo congruente para o grupo PMI foi de 158.54 (DP=40.1) e para o grupo NI foi de 159 (DP=43.57). A média de tentativas para o estímulo incongruente para o grupo PMI foi de 156.69 (DP=42.68) e para o grupo NI foi de 155.77 (DP=40.07). Contudo, para a análise dos ERPs foram utilizadas somente as tentativas para os estímulos com resposta correta durante o desempenho na tarefa. Desta forma, a média de tentativas utilizadas para o estímulo congruente para o grupo PMI foi 138.15 (DP=37.42) e para o grupo NI foi de 135 (DP=39.65). E a média de tentativas utilizadas para o estímulo incongruente para o grupo PMI foi de 98.54 (DP=31.83) e para o grupo NI foi de 99.46 (DP=29.36). Os ERPs foram analisados para a região parieto-ocipital (média de P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO3, O1, Iz, Oz, POz, P10, PO8, PO4 ,O2, P9) em uma janela de tempo 350ms a 450ms (P3) e 700 ms a 800 ms (SP). Os ERPs foram também analisados para Pz e POz na janela de tempo 700ms a 800 ms (SP).

4.3.11 Análise Estatística

Todos os dados foram organizados e tabulados numericamente no SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versão 19.0. As variáveis do estudo foram analisadas de forma descritiva, utilizando medidas de tendência central (média, moda e mediana) e de variabilidade (desvio padrão, variância, média de intervalos de confiança, etc.) de acordo com os níveis de medição. A distribuição das variáveis medidas a nível intervalo foi analisada por meio de histogramas e testadas com o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnoff. A análise estatística é descrita a seguir conforme os objetivos específicos deste estudo:

- Objetivo específico: Verificar a influência de uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras no sistema nervoso autônomo.

O sistema nervoso autônomo foi investigado por meio da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e pela coerência cardíaca.

Os indicadores da VFC foram analisados durante o repouso e durante os 20 minutos de sessão de biofeedback cardiorrespiratório. Para comparar o estado de repouso e a sessão de biofeedback foi utilizada para a coerência cardíaca e cada indicador da VFC a ANOVA 2 (grupo: PMI vs NI) x 2 (a sessão: repouso vs biofeedback) para medidas repetidas. Para a coerência cardíaca também foi utilizada a ANOVA 2 (grupo: PMI vs NI) x 2 (a sessão: repouso vs biofeedback) para medidas repetidas. Foi também utilizado o Teste T Pareado para comparar as diferenças para a o repouso e a sessão de biofeedback. O teste T Independente foi utilizado para comparar diferenças entre grupos.

- Verificar o desempenho cognitivo durante as tarefas cognitivas relacionadas a controle inibitório e efeito stroop (conflito).

Os resultados de desempenho durante a tarefa Go No/Go e durante a tarefa de Emocional Stroop foram analisados com a análise de variância para medidas repetidas. Para a tarefa de Go No/Go foram analisados o tempo de reação para a resposta correta e incorreta, o número total de erros e número de erros para a resposta GO e o número de erros para a resposta NOGO. Para cada medida da tarefa foi conduzida a ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (medida da tarefa) para medidas repetidas. Para a tarefa de Emotional Stroop o mesmo teste foi aplicado para as medidas: tempo de reação para estímulo congruente e tempo de reação para estímulo incongruente, número total de erros, número de erros para estímulo congruente, número de erros para o estímulo incongruente e o efeito de Stroop.

- Verificar os potenciais relacionados a eventos no processo de detecção de erro e no processo de detecção de conflito após o biofeedback cardiorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras

Foi realizada a ANOVA para medidas repetidas para os ERPs analisados durante a tarefa de Go No/Go (detecção de erro) e de Emotional Stroop (detecção de conflito). Para a tarefa de Go No/Go foi executada a ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) X 2 (acurácia: correto vs. incorreto) para a janela de tempo do ERN (-50ms a 100ms) na área centro parietal e na janela de tempo de 300ms a 400ms na área parieto occipital. Para a tarefa de Emotional Stroop a ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) X 2 (estímulo: congruente vs. incongruente) foi realizada para os ERPs na janela de tempo de 350 a 450ms (P3) e 700 a 800ms (SP) especialmente com a topografia parieto occipital. Foi também utilizado o Teste T Pareado e o Teste T Independente.

- Verificar a relação de indicadores do sistema nervoso autônomo durante uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras com os potenciais relacionados a eventos durante detecção de erro e detecção de conflito após a sessão de biofeedback.

O teste de Correlação de Pearson foi utilizado para verificar a relação entre os indicadores da variabilidade da frequência cardíaca e a coerência cardíaca com a performance cognitiva e os ERPs para todos os participantes juntos.

- Examinar o estado de humor antes e depois uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras.

Para as perguntas do questionário pós sessão de biofeedback foi realizado o teste não paramétrico Qui-Quadrado. O questionário PANAS Scale (Watson & Clark, 1994) também entra neste objetivo específico. Para o PANAS foram analisadas as dimensões: emoção geral positiva (itens p31 + p25 + P3 + p52 + p47 + p37 + p13 + p55 + p39 + P8); emoção geral negativa (+ p44 p18 + p34 + p40 + p11 + p38 + p32 + p42 + p26 + p50); medo (+ p44 p18 + p53 + p34 + p40 + p21); hostilidade (p37 + p38 + p11 + p9 + p2 + p56); culpa (+ p42 p32 + p51 + p46 + p15 + p60); tristeza (p16 + p29 + p48 + p24 + p35); jovialidade (p22 + p33 + p12 + p1 + p37 + p47 + p41 + p58); autoconfiança (p39 + P3 + p57 + p28 + P6 + p14); atenção (p25 + P3 + P59 + p52); timidez (p30 + P4 + p49 + p23); fadiga (p36 + p19 + p5 + p45); serenidade (p17 + p10 + p43); surpresa (p20 + P7 + p54); emoção positiva básica (jovialidade + auto confiança + atenção) / 3; e emoção negativa básica (tristeza + culpa + hostilidade + medo) / 4. As 15 dimensões do questionário PANAS apresentaram distribuição normal e foram analisadas cada uma separadamente com a ANOVA 2x2. Também foi realizado o teste T Independente e o Teste T pareado.

Além disso, ainda foram utilizados os questionários para controle de variáveis: sensações corporais (Body Sensation Questionnaire), personalidade (The Ten-Item Personality Inventory TIPI-10), consciência corporal (Body Awareness Questionnaire), e motivação (Motivation Scale).

O teste não paramétrico foi utilizado para analisar os questionários The Body Sensation Questionnaire (Chambless et al., 1984) e o The Ten-Item Personality Inventory (TIPI-10). Para o questionário de personalidade (Ten-Item Personality Inventory-TIPI 10)

foram analisadas as dimensões: extroversão, socialização, consciência moral, estabilidade emocional e abertura para experiências. Ambos os questionários foram analisados com o Mann Whitney U (teste T Independente não-paramétrico), considerando uma distribuição não normal.

Os demais questionários de controle Body Awareness Questionnaire (Shields et al., 1989), e Motivation Scale (Guay et al., 2000) foram analisados com o teste T Independente para comparar diferenças entre grupos (PMI vs NI group). Para o questionário Body Awareness Questionnaire (Shields et al., 1989) as dimensões analisadas foram: percepção para as mudanças corporais, prever as reações corporais, ciclo sono-vigília, e percepção de início da doença. O questionário Motivation Scale (Guay et al., 2000) foi analisado para 4 dimensões: motivação intrínseca, regulação identificada, regulação externa e desmotivação.

4.4 Resultados

Primeiramente serão apresentados os resultados referentes a análise da VFC e da coerência cardíaca, seguindo para os resultados da performance cognitiva e do EEG. Por fim estão apresentados os resultados dos questionários e dos instrumentos de controle de variáveis.

4.4.1 VFC durante a sessão de Biofeedback Cardiorrespiratório

Os índices da VFC foram analisados utilizando a análise linear e não linear. Para os parâmetros lineares foram analisados o domínio do tempo (HR, RR, SDNN, RMSSD, pNN50) e o domínio da frequência (razão LF/HFms²). A análise não-linear foi baseada na análise de Poincaré (SD1 e SD2), entropia aproximada (ApEn), análise de flutuações depuradas de curto e longo prazo (DFA: $\alpha 1$ e DFA: $\alpha 2$) e dimensão de correlação (D2). Foi também analisada a coerência cardíaca. Para comparar cada índice da VFC durante o repouso (pré teste) e durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi utilizada a ANOVA 2 (grupo: PMI vs NI) x 2 (sessão: pré teste vs sessão de biofeedback) para medida repetida. A ANOVA 2 x 2 foi realizado separadamente para cada índice da VFC. Para a coerência cardíaca foi utilizado o mesmo teste de delineamento estatístico. As tabelas mostram os resultados dos índices da VFC separadamente por domínio do tempo, domínio da frequência e coerência cardíaca, e análise não linear da VFC:

Tabela 1: Índices do domínio do tempo da VFC

Domínio do tempo da VFC						
Média (DP)			2 x 2 ANOVA			
VFC/Grupo		Pré teste (Repouso)	Biofeedback	Efeito da sessão (repouso vs biofeedback)	Efeito da interação	Efeito do grupo
HR 1/min	PMI	86.81(77.31)	74.78 (8.39)	p=.35	p=.49	p=.63
	NI	77.71 (15.17)	75.91 (8.90)	F(1,50)=.87 $\eta^2=.017$	F(1,50)=.48 $\eta^2=.009$	F(1,50)=.23 $\eta^2=.005$
RR ms	PMI	847.06(124.8)	826.9 (92.3)	p=.20	p=.12	p=.34
	NI	808.57(100.65)	810.7(97.17)	F(1,50)=1.67 $\eta^2=.032$	F(1,50)=2.53 $\eta^2=.048$	F(1,50)=.92 $\eta^2=.018$
SDNN ms	PMI	79.44 (373.05)	11.62(22.88)	p=.30	p=.43	p=.35
	NI	15.47 (39.24)	6.7 (1.9)	F(1,50)=1.07 $\eta^2=.021$	F(1,50)=.639 $\eta^2=.013$	F(1,50)=.88 $\eta^2=.017$
RMSSD ms	PMI	53.31 (20.51)	51.39(20.35)	p=.30	p=.32	p=.30
	NI	145.95(460.25)	53.18(28.45)	F(1,50)=1.09 $\eta^2=.021$	F(1,50)=1.01 $\eta^2=.020$	F(1,50)=1.08 $\eta^2=.021$
pNN50 ms	PMI	28.63 (19.24)	25.91(15.27)	p=.25	p=.33	p=.91
	NI	26.85 (19.41)	26.62(18.57)	F(1,50)=1.35 $\eta^2=.026$	F(1,50)=.96 $\eta^2=.019$	F(1,50)=.012 $\eta^2<.001$

Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; PMI=grupo com instruções positivas induzidas; NI=grupo com instruções neutras; HR= heart rate (frequência cardíaca); RR= média dos intervalos de tempo R-R; SDNN= Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms; RMSSD= Índice de medida da VFC que representa a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes; pNN50= Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms; representa atividade parassimpática.

Não foram encontrados efeitos significativos para os índices da análise do domínio do tempo da VFC. A Tabela 2 mostra o domínio para frequência para a razão LF/HFms² e o resultado da coerência cardíaca.

Tabela 2: LF/HFms² e coerência cardíaca

LF/HFms ² e coerência cardíaca						
Média (DP)			2 x 2 ANOVA			
VFC/Grupo		Pré teste (Repouso)	Biofeedback	Efeito da sessão (repouso vs biofeedback)	Efeito da interação	Efeito do grupo
LF/HF ms ²	PMI	1.31(1.08)	3.51 (5.01)	p=.023 F(1,50)=5.49 $\eta^2=.099$	p=.23 F(1,50)=1.5 $\eta^2=.029$	p=.66 F(1,50)=.19 $\eta^2=.004$
	NI	2.38(2.49)	3.07 (3.8)			
Coerência cardíaca (s)	PMI	3.34(1.41)	3.74 (1.19)	P<.001 F(1,50)=15.64 $\eta^2=.24$	p=.046 F(1,50)=4.18 $\eta^2=.077$	p=.001 F(1,50)=11.53 $\eta^2=.187$
	NI	2.14 (.49)	3.41 (1.11)			

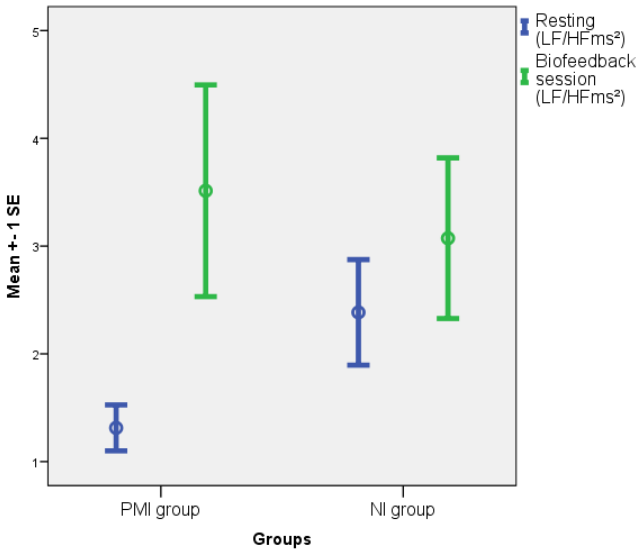
Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; PMI=grupo com instruções positivas induzidas; NI=grupo com instruções neutras; razão LF/HFms²= Relação entre os componentes LF (low frequency) e HF (high frequency). Coerência cardíaca= caracterizada pelo aumento no componente de LF, com simultânea diminuição nos componentes muito baixos VLF e componentes altos HF.

A Tabela 2 mostra o efeito da sessão para o LF/HF ms² e o efeito da sessão, interação e do grupo para o índice de coerência cardíaca. Para o efeito da sessão de LF/HFms² o Teste T Pareado mostrou a diferença significativa entre o repouso e a sessão de biofeedback cardiorrespiratório somente para o grupo PMI ($t(25) = -2.17$, $p = 0.039$) e não houve diferenças significativas entre o repouso e a sessão de biofeedback para o grupo NI ($t(25) = -.97$, $p = 0.34$). Este resultado mostra que para o grupo PMI o LF/HFms² aumentou significativamente a partir do repouso para a sessão biofeedback, sugerindo que este grupo pode ter dispendido mais energia respiratória.

Para a coerência cardíaca o Teste T pareado mostrou diferença significativa entre o repouso e a sessão de biofeedback apenas para o grupo NI ($t(25) = -5.48$, $p < 0.001$) e não houve diferença para o grupo PMI ($t(25) = -1.14$, $p = 0.26$). No entanto, o grupo PMI mostrou coerência cardíaca maior que o grupo NI tanto no repouso quanto na sessão de biofeedback. O grupo NI não mostrou coerência cardíaca elevada durante o repouso, mas aumentou significativamente durante a sessão de biofeedback. Este achado pode estar relacionado com o efeito da indução “*positive misattribuion*” para o grupo PMI já na fase de repouso (pois as instruções foram manipuladas antes de todos os registros psicofisiológicos). Além disso, o teste T Independente mostrou

diferenças de coerência cardíaca entre os grupos para o repouso ($t(50) = 4.06$, $p < 0.001$), mas não para a sessão de biofeedback ($t(50) = 1.03$, $p = 0.31$) o que infere que uma vez o participante envolvido na sessão de biofeedback, a diferença entre um grupo neutro e um grupo com indução de instruções pode diminuir. A barra de erro do gráfico 1 e gráfico 2 mostra LF/HFms² e os efeitos de coerência cardíaca(s). O eixo y representa a medida da variável da VFC em ms² com erro padrão:

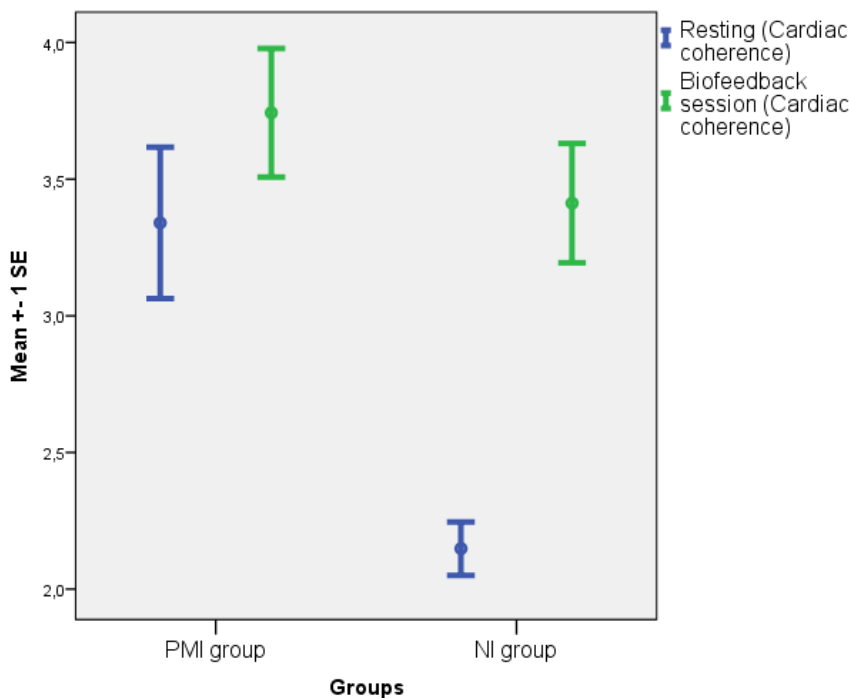
Gráfico 1: LF/HFms²



Legenda: resting=repouso; biofeedback session=sessão de biofeedback; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras.

O gráfico 2 mostra a coerência cardíaca. O eixo y representa a medida da coerência cardíaca (s) com erro padrão:

Gráfico 2: Coerência cardíaca



Legenda: resting=repouso; biofeedback session=sessão de biofeedback; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras.

A próxima tabela (Tabela 3) mostra a Análise de Poincaré e os índices não lineares da VFC.

Tabela 3: Análise de Poincaré e índices não lineares da VFC

Análise de Poincaré e índices não lineares da VFC						
Média (DP)						
2 x 2 ANOVA						
VFC/Grupo		Pré teste (Repouso)	Biofeedback	Efeito da sessão (repouso vs biofeedback)	Efeito da interação	Efeito do grupo
SD1 ms	PMI	37.77(14.96)	36.65 (14.51)	p=.42	p=.82	p=.72
	NI	39.8(24.33)	37.85(20.14)	F(1,50)=.66 $\eta^2=.013$	F(1,50)=.049 $\eta^2=.001$	F(1,50)=.11 $\eta^2=.002$
SD2 ms	PMI	112.48(70.52)	119.41(44.35)	p=.56	p=.87	p=.61
	NI	108.57(44.62)	112.38(37.68)	F(1,50)=.34 $\eta^2=.007$	F(1,50)=.028 $\eta^2=.001$	F(1,50)=.26 $\eta^2=.005$
ApEn	PMI	1.06 (.018)	1.24 (.15)	P<.001	p=.70	p=.39
	NI	1.04 (.12)	1.19 (.25)	F(1,50)=25.4 $\eta^2=.34$	F(1,50)=.145 $\eta^2=.003$	F(1,50)=.75 $\eta^2=.015$
DFA: $\alpha 1$	PMI	1.11 (.31)	1.29 (.18)	p=.002	p=.17	p=.85
	NI	1.15 (.27)	1.22 (.26)	F(1,50)=10.66 $\eta^2=.176$	F(1,50)=1.91 $\eta^2=.037$	F(1,50)=.035 $\eta^2=.001$
DFA: $\alpha 2$	PMI	.93 (.22)	.79 (.20)	P<.001	p=.94	p=.616
	NI	.91 (.24)	.76 (.21)	F(1,50)=14.29 $\eta^2=.22$	F(1,50)=.005 $\eta^2<.001$	F(1,50)=.25 $\eta^2=.005$
D2	PMI	3.34 (.69)	3.87 (.51)	P<.001	p=.64	p=.023
	NI	2.87 (1.12)	3.29 (1.05)	F(1,50)=21.75 $\eta^2=.30$	F(1,50)=.22 $\eta^2=.004$	F(1,50)=5.53 $\eta^2=.10$

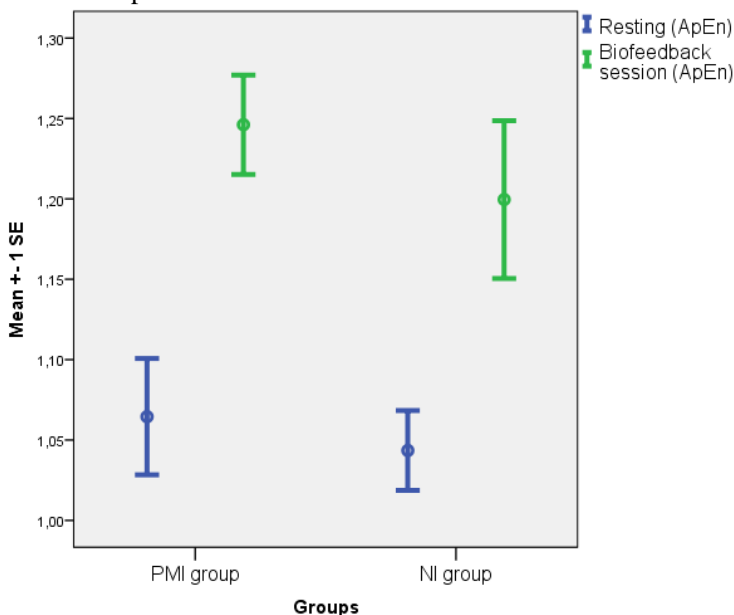
Legenda: DP= desvio padrão; VFC= variabilidade da frequência cardíaca; PMI=grupo com instruções positivas induzidas; NI=grupo com instruções neutras; ApEn= Mede o grau de irregularidade e complexidade de um sinal. Quanto maior é o valor da ApEn maior é a complexidade da série RR; SD1= Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do nervo vago (sistema nervoso parassimpático); SD2= Representa um resultado da análise de Poincaré, da atividade do sistema nervoso simpático; DFA: $\alpha 1$ = análise de flutuações depuradas de curto prazo (4-11 batimentos, $\alpha 1$); DFA: $\alpha 2$ =análise de flutuações depuradas de longo prazo (> 11 batimentos, $\alpha 2$); D2= representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente

A tabela 3 com os resultados da análise de Poincaré e Análise não linear da VFC mostra o efeito da sessão para ApEn, DFA: $\alpha 1$, DFA: $\alpha 2$, D2 e efeito de grupo para D2. O teste T pareado mostrou para o grupo PMI diferenças entre o repouso e a sessão de biofeedback cardiorrespiratório para: ApEn ($t(25) = -3.84$, $p = .001$), DFA: $\alpha 1$ ($t(25) = -3.09$, $p = .005$), DFA: $\alpha 2$ ($t(25) = 2.35$, $p = .027$) e D2 ($t(25) = -3.52$, $p = .002$). O mesmo teste estatístico mostrou para o grupo NI diferenças entre o repouso e a sessão de biofeedback para os mesmos

parâmetros com exceção para o DFA: α_1 (ApEn ($t(25) = -3,29$, $p = 0,003$; DFA: α_2 ($t(25) = 3,14$, $p = 0,004$) e D2 ($t(25) = -3,06$, $p = 0,005$).

O teste T independente indicou diferenças entre os grupos para a sessão de biofeedback para o indicador não linear D2 ($t(50) = 2,48$, $p = 0,17$) mas não foram verificadas diferenças entre grupos para o repouso ($t(50) = 1,84$, $p = 0,072$). O grupo de PMI mostrou maior D2 do que o grupo NI, e o valor D2 aumentou com a sessão de biofeedback. Os gráficos 3, 4, 5, 6 apresenta os principais efeitos do índice não-linear da VFC. O eixo y representa a medida da variável da VFC com erro padrão:

Gráfico 3: ApEn



Legenda: resting=repouso; biofeedback session=sessão de biofeedback; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras.

Gráfico 4: DFA: $\alpha 1$

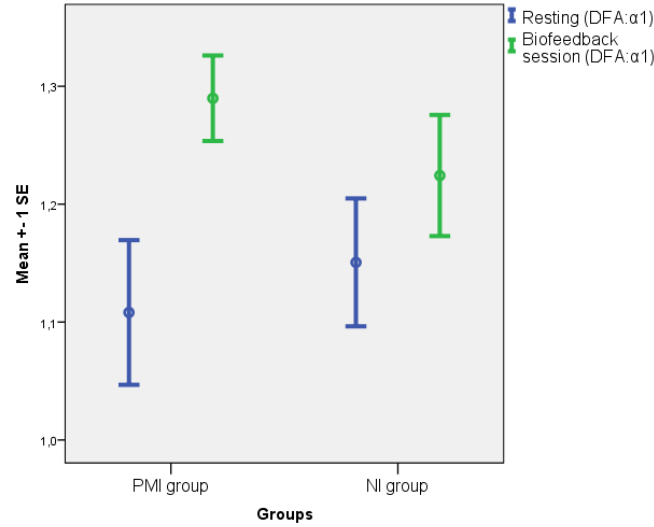
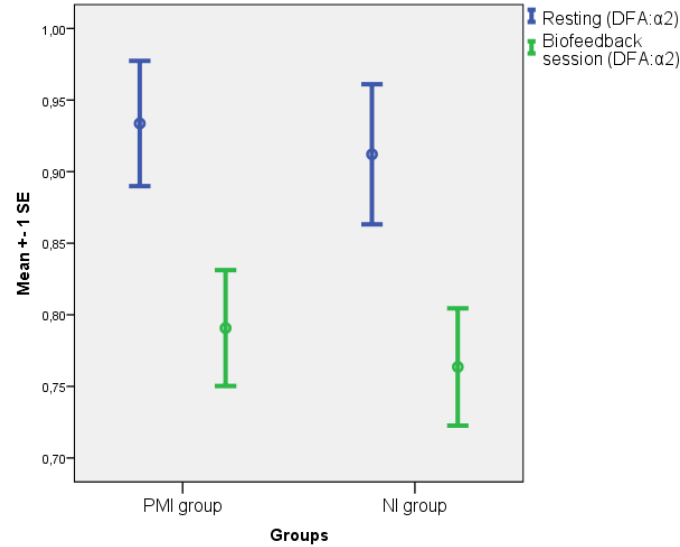
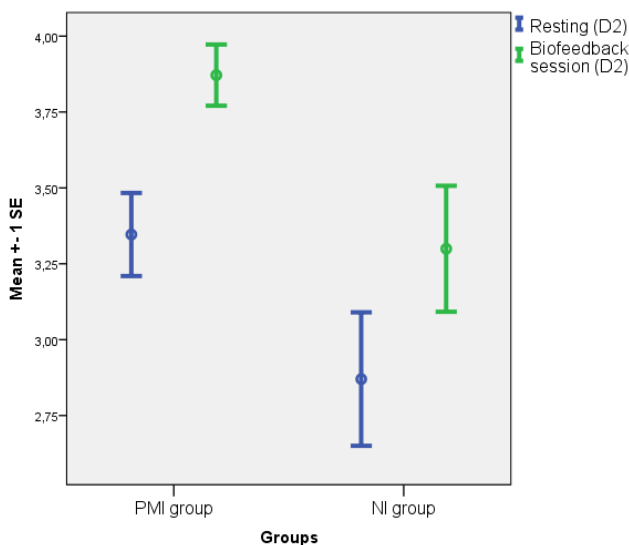


Gráfico 5: DFA: $\alpha 2$



Legenda: resting=repouso; biofeedback session=sessão de biofeedback; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras.

Gráfico 6: D2



Legenda: resting=repouso; biofeedback session=sessão de biofeedback; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras.

O item a seguir se refere aos resultados relacionados a performance cognitiva durante a tarefa de Go No/Go e de Emotional Stroop.

4.4.2 Performance Cognitiva

A performance cognitiva para a tarefa Go No/Go (tarefa de detecção de erro) e tarefa Emocional Stroop (tarefa de detecção de conflito) foram processados com E-Merge do E-Prime Software (Psychology Software Tools, Inc; Pittsburgh, PA, USA). A tarefa Go No/Go foi realizado em 26 participantes do grupo PMI (grupo com instrução positiva induzida/atribuída) e em 25 participantes do NI

(grupo neutro). Para a tarefa Emocional Stroop todos os 26 participantes do grupo PMI e grupo NI executaram a tarefa.

4.4.2.1 Tarefa Go No/Go

A performance na tarefa Go No/Go foi mensurada utilizando o tempo de reação para a resposta correta e incorreta, o número total de erros, número de erros para resposta GO número de erros para resposta NOGO e diferença de tempo de reação para resposta correta e incorretas (correto – incorreto no tempo de reação).

Os resultados para cada parâmetro de performance cognitiva são mostrados no Gráfico 7 (7a para tempo de reação e 7b para número de erros). Para testar se houve diferença de performance entre o grupo PMI e o grupo NI após a sessão de biofeedback, e também para testar se este efeito foi relacionado com respostas corretas ou respostas incorretas, foi realizada ANOVA mista 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (acurácia: correto vs. incorreto) (Gráfico 7a).

A análise de ANOVA mostrou efeito para respostas de acurácia (diferença entre resposta correta e incorreta) ($F(1,49) = 647.11$, $p < .001$, $\eta^2 = .93$). O efeito para interação entre o grupo e acurácia não foi significativa ($F(1,49) = 1.43$, $p = 0.24$, $\eta^2 = .028$) e não houve diferença entre os grupos ($F(1,49) = .02$, $p = .89$, $\eta^2 = .00$). Foram comparados os grupos com o teste T independente para a diferença entre tempo de reação para resposta correta e tempo de reação para resposta incorreta. Para a diferença correto-incorreto (resposta em tempo de reação) não foram encontradas diferenças significativas ($t(49) = 1.195$, $p = .238$).

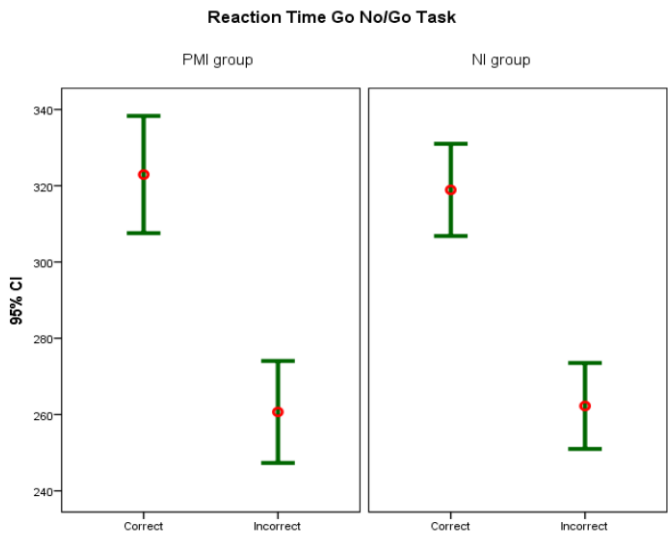
O número total de erros (número de erros da resposta GO + número de erros da resposta NOGO) foi testado com o teste T Independente para comparar os grupos PMI vs. NI. O Teste T independente não mostrou nenhuma diferença significativa ($t(49) = 1.168$, $p = .248$).

Foi realizada uma ANOVA mista 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (tentativa: GO vs. NOGO) para a análise do número de erros da resposta GO e o número de erros de resposta NOGO e grupos. Os resultados da ANOVA não indicaram diferenças no número de erros entre GO e NOGO ($F(1,49) = .035$, $p = .85$, $\eta^2 = .001$) (Gráfico 7b). O efeito de interação analisado pela ANOVA para grupo e o número de erros não revelou evidência significativa ($F(1,49) = 1.43$, $p = .24$, $\eta^2 = .028$) e não houve diferença entre os grupos ($F(1,49) = 1.36$, $p = 0.25$, $\eta^2 =$

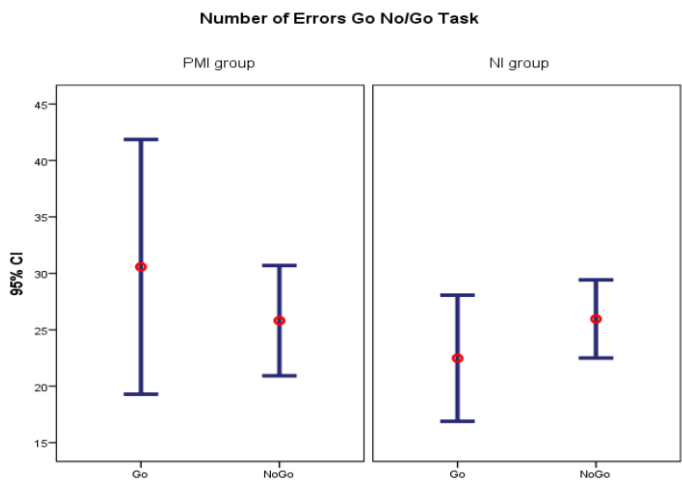
0,027). O teste T Independente não mostrou diferenças entre grupos (PMI vs NI) para a diferença do número de erros de GO e número de erros de NOGO (GO número de erros - NOGO número de erros) ($t(49) = 1.198$, $p = .237$). A seguir o Gráfico 7 mostra o resultado para performance na tarefa Go No/Go. O eixo y da figura (a) representa a velocidade de resposta em ms na comparação intra grupo. E o Eixo y da figura (b) representa o número de erros da tarefa de Go No/Go para “Go” e para NoGo”.

Gráfico 7: Performance cognitiva: Go No/Go

(a)



(b)



Legenda: PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras. Reaction time Go No/Go task (tempo de reação para tarefa Go No/Go). Correct (correto); Incorrect (incorreto). Number of errors Go No/Go Task (número de erros para a tarefa Go No/Go).

Portanto, os resultados de performance para a tarefa Go No/Go comportamentais não mostraram efeitos significantes para interação e grupos (PMI vs NI) após o biofeedback cardiorrespiratório associado a instruções positivas induzidas (atribuída) e instruções neutras.

4.4.2.2 Tarefa Emotional Stroop

A performance na tarefa Emotional Stroop foi mensurada utilizando o tempo de reação para os estímulos congruente e incongruente (Gráfico 8a), número total de erros, número de erros para os estímulos congruente e incongruente (Gráfico 8b) e efeito Stroop (conflito) (Gráfico 8c).

Foi realizada a análise ANOVA mista 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (acurácia: congruente vs. incongruente) para investigar as possíveis diferenças de performance em tempo de reação para estímulo congruente e incongruente (acurácia) para o grupo PMI e o grupo NI e o efeito de interação para grupos e performance. Não foram verificados efeitos para acurácia ($F(1,50) = 1.89$, $p = .175$, $\eta^2 = .036$), interação ($F(1,50) = 1.85$, $p = .18$, $\eta^2 = .036$) e grupos ($F(1,50) = .62$, $p = .43$, $\eta^2 = .012$).

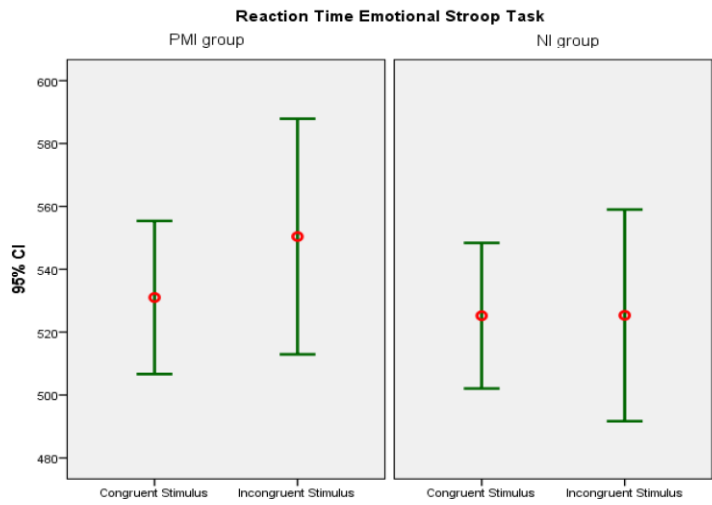
O mesmo design com a ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (erros para tipo de estímulo: Congruent vs. Incongruent) foi executado para investigar o efeito para o número de erros para os estímulos congruentes e estímulos incongruentes, efeito interação e efeito grupo. Foi verificado um efeito sobre o número de erros de estímulos congruentes e incongruentes ($F(1,50) = 12.63$, $p = .001$, $\eta^2 = .202$). O efeito da interação para os grupos e os números de erros para cada tipo de estímulo não foi significativa ($F(1,50) = .78$, $p = .38$, $\eta^2 = .015$) e não houve diferença entre os grupos ($F(1,50) = .00$, $p = .99$, $\eta^2 = .00$). O número total de erros (número de erros do estímulo congruente + número de erros de estímulo incongruente) foi testado com o T Independente para comparar o grupo PMI vs. o grupo NI. Não foram encontradas diferenças entre grupos para o número total de erros para cada estímulo ($t(50) = .007$, $p = .994$).

O efeito Stroop foi comparado entre o grupo PMI e o grupo NI com o teste T Independente, mas não foram encontradas diferenças significativas ($t(50) = -.126$, $p = .90$). O Gráfico 8 mostra por meio dos gráficos a, b e c os resultados referentes a performance na tarefa Emotional Stroop. O eixo y da figura (a) representa a velocidade de

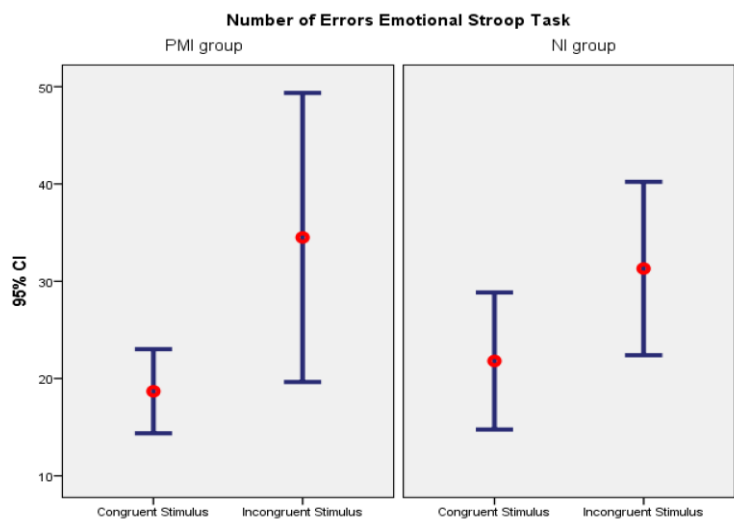
resposta em ms na comparação intra grupo.E o eixo y da figura (b) representa o número de erros para estímulo congruente e incongruente.

Gráfico 8: Performance cognitiva: Emotional Stroop

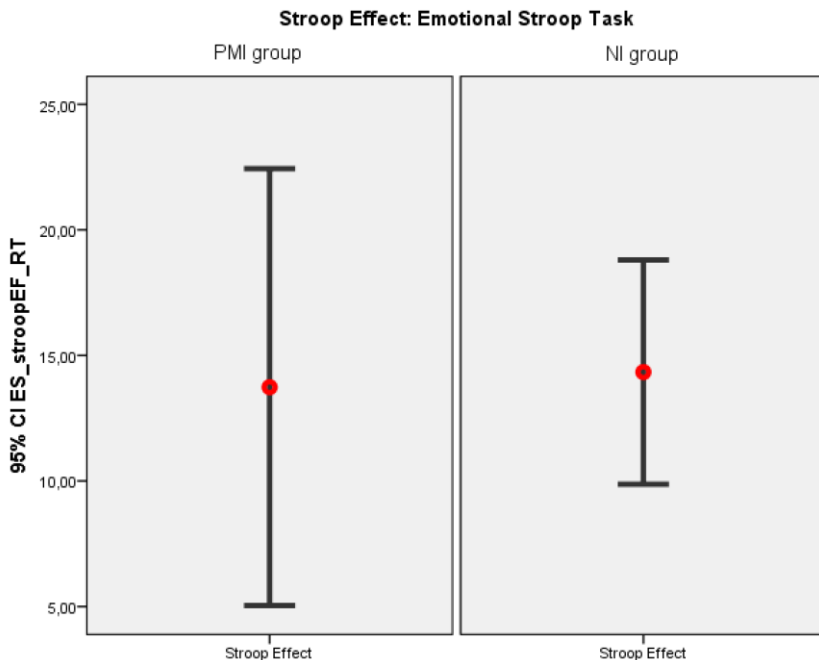
(a)



(b)



(c)



Legenda: PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras. Reaction time Emotional Stroop task (tempo de reação para tarefa Emotional Stroop). Congruent stimulus (estímulo congruente); Incongruent stimulus (estímulo incongruente). Number of errors Emotional Stroop Task (número de erros para a tarefa Emotional Stroop). Stroop effect (efeito Stroop).

A figura (c) mostra no eixo y o efeito stroop em ms (tempo de reação do estímulo incongruente menos o tempo de reação do estímulo congruente).

Portanto, os resultados de performance na tarefa Emotional Stroop não evidenciaram efeitos significativos para os grupos (PMI vs NI) e interação assim como ocorrer na tarefa Go No/Go. Entretanto estas tarefas cognitivas foram também analisadas com os ERPs, para investigar a detecção de erro e detecção de conflito. O item a seguir deste trabalho irá mostrar os resultados relacionados aos potenciais relacionados a eventos (ERPs) para os grupos PMI e NI durante as tarefas cognitivas de Go No/Go e Emotional Stroop.

4.4.3 Potenciais relacionados a eventos (ERPs)

Os ERPs (potenciais relacionados a eventos) foram investigados durante a tarefa de Go No/Go e Emotional Stroop como será descrito neste item. Para ambas as tarefas cognitivas os ERPs foram analisados com a ANOVA para medidas repetidas tendo em vista verificar possível efeito de interação e grupo.

Os ERPs foram associadas com o processo de detecção de erro (Go No/Go) e detecção de conflito (Emotional Stroop). A análise dos ERPs durante a tarefa de Go No/Go foi centrada na resposta (resposta correta e resposta incorreta), e são apresentados resultados para o ERN (Negatividade relacionado ao erro) e Pe (positividade relacionado ao erro) em uma topografia centro-parietal e parieto-ocipital. Os resultados dos ERPs para Emotional Stroop foram baseados no estímulo (estímulo congruente e estímulo incongruente) e só foram analisados os ERPs para as respostas corretas nestes estímulos. Para os ERPs durante a tarefa Emotional Stroop foi analisada a topografia parieto ocipital. Para as duas tarefas cognitivas

4.4.3.1 ERPs: tarefa Go No/Go

Foram analisadas as amplitudes dos ERPs para as respostas corretas e respostas incorretas durante a tarefa Go No/Go, para a área cortical centro-parietal (ERN- Negatividade relacionado ao erro) e para a área parieto- ocipital (Pe- positividade relacionado ao erro). As formas de onda dos ERPs na região centro-parietal mostraram um componente para respostas incorretas, característico do ERN como mostra a Figura 5a, b, d. A Figura 5d mostra a topografia do ERN na região centro-parietal e indica a prevalência da negatividade nos canais de eletrodos FC5 FC3, FC1, C1, C3, C5, FC6, FC4, FC2, FCz, Cz, C2, C4 , C6. Portanto, com base na topografia característica do ERN, esses eletrodos foram selecionados (média de FC5, FC3, FC1, C1, C3, C5, FC6, FC4, FC2, FCz, Cz, C2, C4, C6), verificando que o efeito em torno do tempo de -50 ms a 100 ms para resposta incorreta (Figura 5b,d).

Por meio da análise da ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (ERN para acurácia: correta vs. incorreta) foram encontrados dois efeitos para a amplitude do ERN (diferença entre a resposta correta e a

resposta incorreta e para a interação). A amplitude do ERN foi significativamente maior em respostas incorretas do que em respostas corretas ($p < .001$, $F(1, 49) = 84.56$, $\eta^2 = .63$). Não houve efeito de grupo ($F(1, 49) = 2.05$, $p = .16$, $\eta^2 = .04$), mas houve efeito de interação entre o grupo e acurácia ($F(1, 49) = 5.14$, $p = .028$, $\eta^2 = .095$) (Figura 5f). O teste T Independente revelou que a diferença entre os grupos foi significativa apenas para a resposta incorreta ($t(49) = 2.085$, $p = .04$). O grupo NI mostrou mais negatividade relacionado ao erro (ERN) do que o grupo PMI, sugerindo que a detecção de erros foi maior para o grupo neutro (ERN para o grupo PMI para resposta incorreta com a média/DP $.2215 / 3.549$; e ERN para o grupo NI para resposta incorreta com a média/DP $-1.670 / 2.879$). A topografia na Figura 5f mostra o ERN.

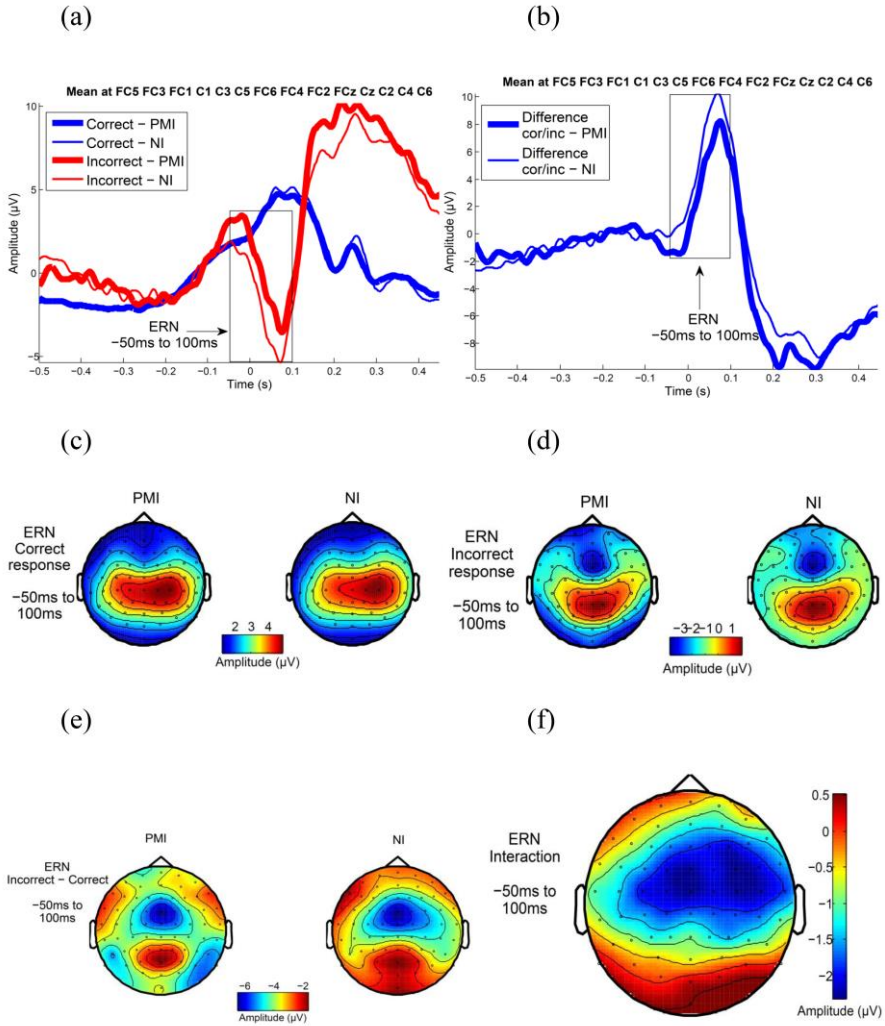


Figura 5: ERN para a tarefa Go No/Go

Legenda: ERN= negatividade relacionada ao erro; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras; correct (correto) e incorrect (incorreto); difference cor/inc (diferença entre resposta correta e incorreta).

Um componente positivo (Pe) foi encontrado em torno de 300ms e 400ms em Pz e Poz (Figura 6), com uma diferença significativa

entre a resposta correta e incorreta ($F(1, 49) = 221.11, p < .001, \eta^2 = .82$) (Figura 5c). No entanto, não houve efeito interação ($F(1, 49) = .27, p = .61, \eta^2 = .005$) e grupo ($F(1, 49) = .36, p = .55, \eta^2 = .007$).

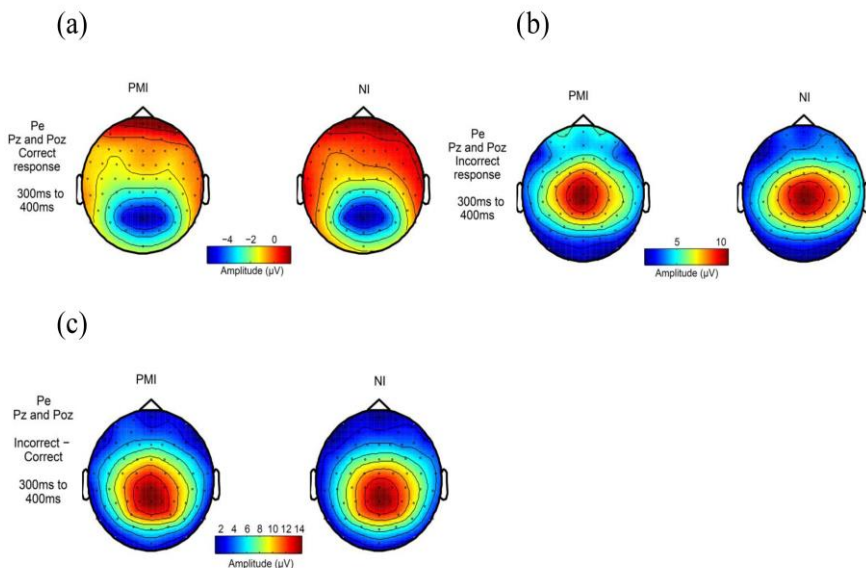


Figura 5: Topografia de Pe na tarefa Go No/Go

Legenda: ERN= negatividade relacionada ao erro; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras; correct (correto) e incorrect (incorreto).

O próximo item dos resultados se refere aos ERPs durante a tarefa de Emotional Stroop.

4.4.3.2 ERPs: tarefa Emotional Stroop

A amplitude dos ERPs para a tarefa de Emotional Stroop foi analisada para as respostas corretas para o estímulo congruente e estímulo incongruente (Figura 6a). Foi selecionado um grupo de eletrodos com base na topografia observada predominantemente na região parieto-occipital (P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO3, O1, LZ, Oz, Poz, P10, PO8, PO4, O2, P9) com componentes na janela

de tempo 350-450ms (P3) e 700-800ms (SP= slow potential conflict) (Figura 7).

A ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (ERP para estímulo: congruente vs. incongruente) foi realizada para a janela de tempo de 350ms a 450ms para a área parieto-occipital (Figura 7b). Foi verificado efeito de conflito (diferença entre o estímulo congruente e incongruente) ($F(1,50) = 6.863$, $p = .012$, $\eta^2 = .121$). No entanto, não houve efeito para interação (estímulos e grupos) ($F(1,50) = .054$, $p = .817$, $\eta^2 = .001$), e para os grupos ($F(1,50) = .187$, $p = .668$, $\eta^2 = .004$). O mesmo tipo de design de ANOVA foi gerado para a janela de tempo 350ms a 450ms para a área parietal (P3, P1, Pz, P2, P4, PO3, Poz, PO4), e resultados semelhantes foram encontrados para efeito de conflitos ($F(1,50) = 6.920$, $p = .011$, $\eta^2 = .122$) e nenhum efeito significativo para a interação ($p = .791$) e grupos ($p = .712$).

A ANOVA 2 (grupo: PMI vs. NI) x 2 (ERP para estímulo: congruente vs. incongruente) mostrou diferença significativa para os grupos em torno 700ms a 800ms (SP= slow potential conflict), com uma amplitude maior para o grupo PMI do que o grupo NI ($F(1,50) = 4.704$, $p = .035$, $\eta^2 = .086$) na área parieto occipital área (P7, P5, P3, P1, Pz, P2, P4, P6, P8, PO7, PO3, O1, LZ, Oz, Poz, P10, PO8, PO4, O2, P9) (Figura 8). Pela mesma direção, uma diferença similar para os grupos foi encontrada em POZ e Pz ($F(1,50) = 4.947$, $p = .031$, $\eta^2 = .090$) (Figura 8). Nenhum efeito significativo foi encontrado com interação na área parieto occipital ($F(1,50) = 1.558$, $p = .218$, $\eta^2 = .030$) e conflito ($F(1,50) = 1.030$, $p = .315$, $\eta^2 = .020$).

A figura 7 mostra as diferenças para estímulo congruente e estímulo incongruente (efeito de conflito) na tarefa de Emotional Stroop. E a figura 8 mostra a diferença entre grupos.

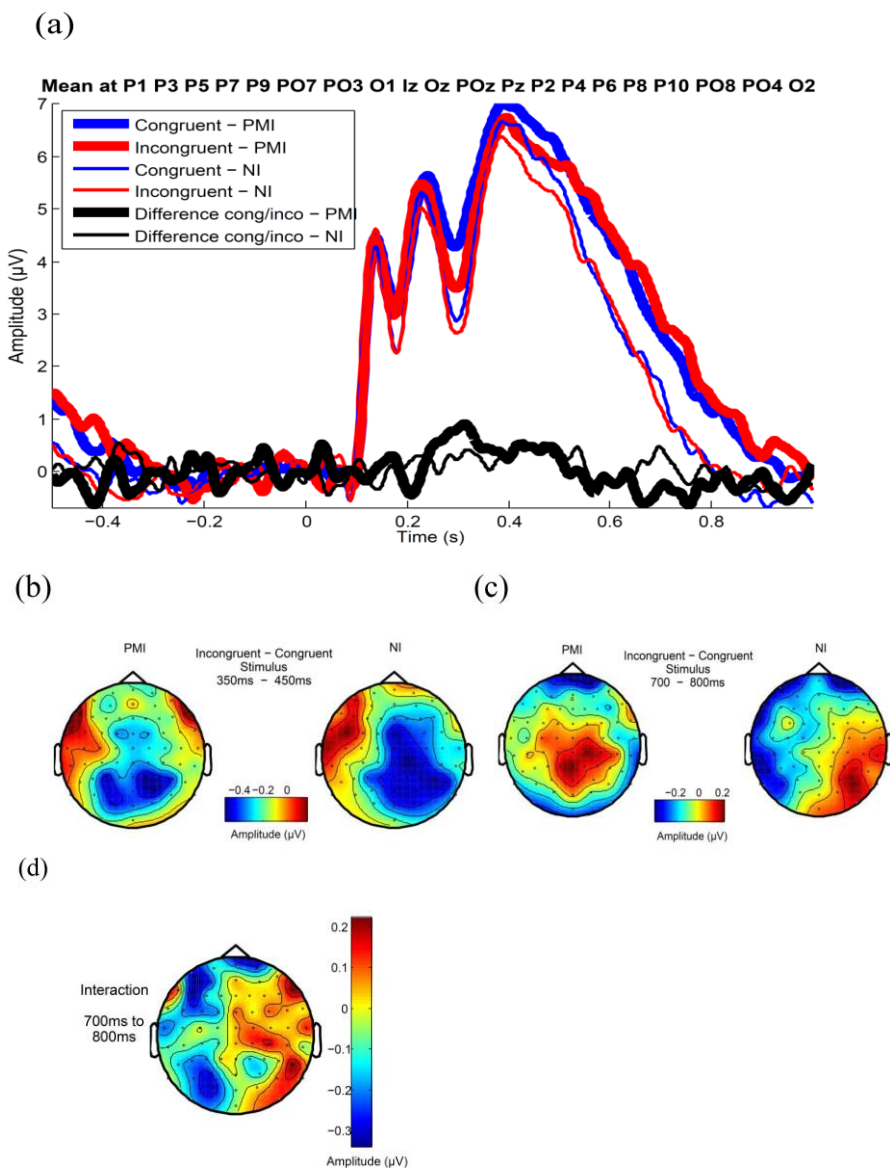


Figura 7: ERPs para a tarefa Emotional Stroop

Legenda: ERN= negatividade relacionada ao erro; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras; congruent (congruente) e incongruent (incongruente).

A figura 8 mostra a diferença entre grupos para o ERP na janela de tempo 700ms a 800ms para o estímulo incongruente.

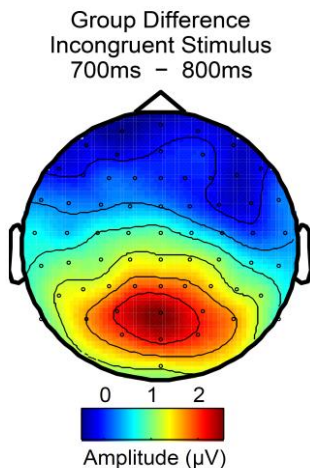


Figura 8: Diferença entre grupos- ERP para Emotional Stroop

Legenda: ERN= negatividade relacionada ao erro; PMI group=grupo com instruções positivas induzidas ou atribuídas; NI group=grupo com instruções neutras; congruent (congruente) e incongruent (incongruente); group differences (diferenças de grupos).

4.4.4 Correlações

O teste de Correlação de Pearson foi realizado para o desempenho cognitivo durante as duas tarefas cognitivas e a coerência cardíaca e os índices de da VFC. Foi também realizado o teste de correlação para os ERPs (ERN -50ms-100ms, Pe 300ms-400ms, P3 350ms-450ms e SP 700ms-800ms) e os índices da variabilidade da frequência cardíaca. O objetivo foi verificar se existe relação entre performance cognitiva com a VFC e ERPs com a VFC. Para realizar o teste de correlação utilizando os parâmetros da coerência cardíaca e da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) foi realizada a diferença entre o repouso (pré teste) e a sessão de biofeedback. Essa diferença entre o repouso e o biofeedback caracterizou o efeito da sessão de biofeedback cardiorrespiratório. Os dados de correlações que serão aqui

apresentados são somente aqueles com valor significativo para todos os sujeitos juntos. Não foi realizado o teste de correlação para grupos separadamente já que buscou-se investigar algum padrão de correlação entre sistema nervoso autônomo e sistema nervoso central.

4.4.4.1 VFC e performance cognitiva

O teste de correlação de Pearson não mostrou diferença significativa entre a performance na tarefa Go No/Go e os índices da VFC e da coerência cardíaca. Entretanto foi observada correlação na performance na tarefa de Emotional Stroop e o índice SD2 da VFC.

Foi encontrada correlação positiva ($r=.32$, $p=.029$) entre o efeito stroop e o índice SD2. Isso sugere que quanto maior o efeito de conflito (stroop) maior o índice SD2, relacionado a modulação simpática.

Não foi encontrada nenhuma correlação entre coerência cardíaca e performance cognitiva.

4.4.4.2 VFC e ERPs

Para a tarefa de Go No/Go foi encontrada correlação positiva entre a razão LF/HFms² e o ERP Pe para resposta incorreta, o que sugere que quanto maior o LF/HFms² maior o Pe ($r=.42$, $p=.002$). Na tarefa de Emotional Stroop foi observada correlação positiva da razão LF/HFms² e o ERP na janela de tempo de 350-450ms (P3) para resposta congruente ($r=.29$, $p=.033$) e incongruente ($r=.29$, $p=.033$). Então quanto maior o índice LF/HFms² maior o P3 na região parieto-occipital.

Não foi encontrada nenhuma correlação entre coerência cardíaca e os ERPs.

4.4.5 Questionários

A escala PANAS (Watson & Clark, 1994) foi aplicada antes das instruções para a sessão de biofeedback cardiorrespiratório e após a sessão de biofeedback. Essa escala pode auxiliar na investigação dos estados emocionais antes da manipulação das instruções e depois da

manipulação das instruções. Além disso, foi aplicado após o biofeedback cardiorrespiratório um questionário com perguntas abertas sobre percepções relacionadas à sessão de biofeedback. Estes instrumentos foram capazes de investigar características emocionais dos participantes submetidos a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado com instruções positivas induzidas (atribuídas) e instruções neutras.

As 15 dimensões analisadas da escala PANAS (Watson & Clark, 1994) mostraram distribuição normal e foram analisadas cada uma separadamente com a ANOVA 2 (grupo: PMI vs NI) x 2 (etapa: antes das instruções vs. depois da sessão de biofeedback) para medidas repetidas. A tabela 8 mostra o resultado da análise da ANOVA 2x2 para as dimensões do PANAS:

Tabela 4: Dimensões emocionais da escala PANAS

ESCALA PANAS						
		Média (DP)		2 x 2 ANOVA		
Dimensões/ Grupos		PANAS (pre)	PANAS (pós)	Efeito da etapa de aplicação	Efeito da interação	Efeito de grupo
Emoção geral positiva	PMI	31.77 (8.18)	27.69 (9.19)	P<.001 F(1,50)=40.09 $\eta^2=.445$	p=.225 F(1,50)=1.50 $\eta^2=.029$	p=.89 F(1,50)=.019 $\eta^2<.001$
	NI	33.04 (6.70)	27.0 (7.72)			
Emoção geral negativa	PMI	12.15 (3.59)	11.46 (2.10)	p=.024 F(1,50)=5.38 $\eta^2=.097$	p=.77 F(1,50)=.080 $\eta^2=.002$	p=.17 F(1,50)=1.88 $\eta^2=.036$
	NI	11.50(1.63)	10.62 (1.23)			
Medo	PMI	7.69 (2.96)	7.08 (1.78)	p=.006 F(1,50)=8.26 $\eta^2=.142$	p=.751 F(1,50)=.10 $\eta^2=.002$	p=.09 F(1,50)=2.97 $\eta^2=.056$
	NI	7.00 (1.02)	6.23 (.587)			
Hostilidade	PMI	8.77 (1.53)	7.96 (1.61)	P<.001 F(1,50)=22.22 $\eta^2=.308$	p=.50 F(1,50)=.454 $\eta^2=.009$	p=.48 F(1,50)=.50 $\eta^2=.010$
	NI	9.19 (1.65)	8.12 (1.72)			
Culpa	PMI	6.38 (1.16)	6.15 (.613)	p=.43 F(1,50)=.63 $\eta^2=.013$	p=.43 F(1,50)=.63 $\eta^2=.013$	p=.45 F(1,50)=.55 $\eta^2=.011$
	NI	6.15 (.464)	6.15 (.613)			
Tristeza	PMI	6.08 (1.85)	5.65 (1.49)	p=.369 F(1,50)=.821 $\eta^2=.016$	p=.119 F(1,50)=2.51 $\eta^2=.048$	p=.68 F(1,50)=.17 $\eta^2=.003$
	NI	5.65 (1.35)	5.77 (1.07)			
Jovialidade	PMI	25.38 (6.07)	21.08 (6.38)	P<0.001 F(1,50)=48.09 $\eta^2=.49$	p=.790 F(1,50)=.072 $\eta^2=.001$	p=.52 F(1,50)=.458 $\eta^2=.009$
	NI	24.62 (4.32)	19.96 (5.11)			
Auto confiança	PMI	16.58 (5.33)	14.96 (5.84)	P<.001 F(1,50)=17.4 $\eta^2=.258$	p=.445 F(1,50)=.592 $\eta^2=.012$	p=.76 F(1,50)=.094 $\eta^2=.002$
	NI	17.35 (4.09)	15.0 (4.74)			
Atenção	PMI	12.96 (2.95)	11.73 (3.77)	P<.001 F(1,50)=16.32	p=.236 F(1,50)=1.43	p=.981 F(1,50)=.001

	NI	13.46 (3.04)	11.19 (3.40)	$\eta^2=.246$	$\eta^2=.028$	$\eta^2<.001$
Timidez	PMI	6.23 (2.21)	5.58 (1.96)	p=.003 F(1,50)=10.06	p=.92 F(1,50)=.009	p=.218 F(1,50)=1.55
	NI	5.62 (1.57)	5.0 (1.64)	$\eta^2=.168$	$\eta^2<.001$	$\eta^2=0.3$
Fadiga	PMI	8.38 (3.45)	10.73 (4.26)	P<.001 F(1,50)=49.7	p=.008 F(1,50)=7.56	p=.17 F(1,50)=1.9
	NI	8.04 (2.83)	13.38 (3.68)	$\eta^2=.49$	$\eta^2=.13$	$\eta^2=.037$
Serenidade	PMI	11.96 (2.27)	11.69 (2.99)	p=.099 F(1,50)=2.81	p=.009 F(1,50)=7.29	p=.74 F(1,50)=.11
	NI	11.46 (2.24)	12.62 (2.33)	$\eta^2=.053$	$\eta^2=.127$	$\eta^2=.002$
Surpresa	PMI	6.58 (3.20)	6.38 (3.11)	p=.086 F(1,50)=3.06	p=.25 F(1,50)=1.31	p=.159 F(1,50)=2.04
	NI	5.92 (2.59)	5.0 (2.24)	$\eta^2=.058$	$\eta^2=.026$	$\eta^2=.039$
Emoção positiva básica	PMI	18.31 (4.45)	15.92 (4.86)	P<.001 F(1,50)=38.87	p=.42 F(1,50)=.662	p=.86 F(1,50)=.030
	NI	18.47 (3.26)	15.38 (3.93)	$\eta^2=.44$	$\eta^2=.013$	$\eta^2=.001$
Emoção negativa básica	PMI	7.23 (1.59)	6.71 (.953)	P<.001 F(1,50)=14.74	p=.72 F(1,50)=.122	p=.49 F(1,50)=.481
	NI	7.00 (.825)	6.57 (.684)	$\eta^2=.228$	$\eta^2=.002$	$\eta^2=.010$

Legenda: PMI= grupo com instruções positivas induzidas/atribuídas; NI= grupo com instruções neutras.

A Tabela 8 mostra que a maioria dos efeitos nas dimensões emocionais da escala PANAS apareceram para o efeito da etapa de aplicação (diferença entre as emoções relatadas na aplicação pré e as emoções relatadas na aplicação pós). As dimensões do PANAS com efeito para etapa de aplicação foram: emoção geral positiva, emoção geral negativa, medo, hostilidade, jovialidade, auto-confiança, atenção, timidez, fadiga, emoção básica positiva e emoção básica negativa. Encontramos também o efeito de interação para as emoções: fadiga e serenidade.

Para o efeito da etapa de aplicação o teste T pareado mostrou para o grupo PMI uma diferença significativa entre a pré aplicação e a pós aplicação para oito dimensões: a emoção geral positiva ($t(25) = 3.9$, $p = .001$), hostilidade ($t(25) = 2.85$, $p = .009$), jovialidade ($t(25) = 4.82$,

$p < .001$), auto-confiança ($t(25) = 2.45$, $p = .22$), timidez ($t(25) = 2.46$, $p = .021$), fadiga ($t(25) = -2.88$, $p = .008$), emoção positiva básica ($t(25) = 4.04$, $p < .001$), e emoção negativa básica ($t(25) = 2.25$, $p = .033$). Isto mostra que para o grupo PMI todas as dimensões emocionais com efeito para etapa de aplicação diminuíram após a sessão de biofeedback. O interessante é que as dimensões emocionais que diminuíram para o PMI após a sessão de biofeedback envolveram tanto emoções positivas e quanto negativas. No entanto, a única dimensão que aumentou após a sessão de biofeedback cardiorrespiratória foi a dimensão fadiga. A dimensão fadiga também aumentou para o grupo NI após a sessão de biofeedback. O teste T independente também mostrou diferença entre os grupos para a pós aplicação do PANAS para a dimensão fadiga ($t(50) = -2.39$, $p = .020$). Após o biofeedback cardiorrespiratório o grupo NI apresentou maior fadiga do que o grupo PMI.

Além disso, para o grupo NI o efeito da etapa de aplicação foi significativa para 12 dimensões emocionais: a emoção geral positiva ($t(25) = 4.99$, $p < .001$), a emoção negativa geral ($t(25) = 3.72$, $p = .001$), medo ($t(25) = 3.95$, $p = .001$), a hostilidade ($t(25) = 3.81$, $p = .001$), jovialidade ($t(25) = 4.97$, $p < .001$), auto-confiança ($t(25) = 3.43$, $p = .002$), a atenção ($t(25) = 3.68$, $p = .001$), timidez ($t(25) = 2.05$, $p = .05$), fadiga ($t(25) = -7.35$, $p < .001$), emoção positiva básica ($t(25) = 4.86$, $p < .001$), emoção negativa básica ($t(25) = 4.67$, $p < .001$) e serenidade ($t(25) = -3.63$, $p = .001$). O grupo NI também apresentou decréscimo em todas as dimensões emocionais (as dimensões emocionais positivas e as dimensões emocionais negativas), exceto para a fadiga.

Os resultados da escala PANAS sugere que a sessão de biofeedback cardiorrespiratório influenciou os estados emocionais com uma diminuição da excitação emocional tanto para emoções positivas quanto para emoções negativas. O grupo PMI e o grupo NI apresentaram características semelhantes nas dimensões emocionais, mas o grupo NI apresentou maior fadiga após a sessão de biofeedback do que o grupo PMI.

O outro instrumento que foi utilizado para avaliar as emoções dos participantes após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi um questionário com perguntas relacionadas a auto percepção. A tabela 9 mostra os resultados deste questionário com a análise do teste não paramétrico Qui-Quadrado:

Tabela 5: Questionário Pós sessão de biofeedback

Questionário Pós sessão de biofeedback				
Questões do questionário/ Grupos		Não relatou (count/ %)	Sim (count/ %)	Teste Qui- Quadrado
1- Você compreendeu a sessão?	PMI	1 (3.8%)	25 (96.2%)	$X^2(1)=1.02$, $p=.313$
	NI	0 (0%)	26 (100%)	
2- Você conseguiu identificar os seus feedbacks durante a sessão?	PMI	3 (11.5%)	23 (88.5%)	$X^2(1)=5.02$, $p=.025$
	NI	10 (38.5%)	16 (61.5%)	
3- Você utilizou alguma estratégia para aumentar a bola verde? Qual tipo de estratégia?	PMI	5 (19.2%)	21 (80.8%)	$X^2(1)=.115$, $p=.734$
	NI	6 (23.1%)	20 (76.9%)	
Tipo de estratégia: “Manter o foco no feedback que aparecia na tela”	PMI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	$X^2(1)=.00$, $p= 1.0$
	NI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	
Tipo de estratégia: “Treinar uma exalação mais longa que a inalação”	PMI	19 (73.1%)	7 (26.9%)	$X^2(1)=.433$, $p=.510$
	NI	21 (80.8%)	5 (19.2%)	
Tipo de estratégia: “Focar numa respiração suave e abdominal”	PMI	6 (23.1%)	20 (76.9%)	$X^2(1)=2.18$, $p=.139$
	NI	11 (42.3%)	15 (57.7%)	
Tipo de estratégia: “Tentar relaxar”	PMI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	$X^2(1)=1.48$, $p=.223$
	NI	21 (80.8%)	5 (19.2%)	
Tipo de estratégia: “Focar na respiração profunda”	PMI	13 (50%)	13 (50%)	$X^2(1)=1.26$, $p=.262$
	NI	17 (65.5%)	9 (34.6%)	
Tipo de estratégia: “Tentar se concentrar”	PMI	17 (64.4%)	9 (34.6%)	$X^2(1)=.087$, $p=.768$
	NI	18 (69.2%)	8 (30.8%)	
4- Quais foram suas sensações após a sessão? “Nada de diferente para relatar”	PMI	22 (84.6%)	4 (15.4%)	$X^2(1)=.165$, $p=.685$
	NI	23 (88.5%)	3 (11.5%)	
4- Sensações: “Cansado”	PMI	23 (88.5%)	3 (11.5%)	$X^2(1)=.221$, $p=.638$
	NI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	
4- Sensações: “Relaxado/a”	PMI	12 (46.2%)	14 (53.8%)	$X^2(1)=.078$, $p=.780$
	NI	11 (42.3%)	15 (57.7%)	
4- Sensações? “Sonolento/a”	PMI	20 (76.9%)	6 (23.1%)	$X^2(1)=1.44$, $p=.229$
	NI	16 (61.5%)	10 (38.5%)	
4- Sensações: “Suspeitei que fosse um placebo”	PMI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	$X^2(1)=.00$, $p=1.0$
	NI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	
4- Sensações: “Animado/a”	PMI	24 (92.3%)	2 (7.7%)	$X^2(1)=.354$, $p=.552$
	NI	25 (96.2%)	1 (3.8%)	

Para o questionário pós sessão de biofeedback o teste Qui-Quadrado mostrou apenas para a segunda questão a diferença grupo (Questão: Você conseguiu identificar os seus feedbacks durante a sessão?). No grupo PMI 23 participantes (88,5%) identificaram seus

próprios feedbacks durante o treinamento de biofeedback enquanto que para o grupo NI 16 participantes (61,5%) identificaram os próprios feedbacks durante a sessão. Os grupos não se diferenciaram para as questões relacionadas com o tipo de estratégia utilizada para executar a sessão de biofeedback e as sensações após a sessão. Nota-se que os itens de estratégias e de sensações foram relatados pelos participantes em perguntas abertas e depois foram tabulados como variáveis no SPSS. Por isso, as respostas “não” referem que não foi relatado, mas não significada que não foi realizado. Em geral todos os participantes relataram algum tipo de realização de respiração durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório.

4.4.6 Controle de variáveis

Os questionários para as variáveis de controle foram aplicados somente antes do experimento com o objetivo de controlar as características do grupo. Esses questionários foram escolhidos considerando que as sensações do corpo, a personalidade, a consciência corporal e a motivação podem influenciar ou pode estar relacionadas com os aspectos psicofisiológicos.

A escala *Body Sensation Questionnaire* (Chambless et al., 1984) contém 17 itens para cada participante. Originalmente esta escala unifatorial. Para esta tese, este questionário foi usado para controlar a variável relacionada com os sintomas de ansiedade e foi avaliado antes do experimento. O interesse foi de examinar se os grupos eram comparáveis. Para este questionário foi utilizado o teste de Mann Whitney (teste T não-paramétrico), pois a distribuição não foi normal. O Mann Whitney não mostrou diferenças entre os grupos para todos os 17 itens do questionário ($p > 0,05$).

O *Ten-Item Personality Inventory (TIPI-10)* foi analisado para as dimensões: Extroversão (rubrica 1 + item de 6R); Socialização (rubrica 2R + o item 7); Consciência moral (item 3 + item de 8R); Estabilidade Emocional (rubrica 4R + o item 9); e abertura para experiências (item 5 + 10R). A letra " R " representa itens de soma reversa (Gosling et al., 2003). O teste Mann Whitney U (Teste T não-paramétrico) não apresentou diferenças entre os grupos para todas as dimensões do teste ($P > .05$).

O questionário *Body Awareness Questionnaire* (Shields et al., 1989) investigou a consciência Corporal analisando quatro sub-

dimensões: percepção das mudanças no processo corporal (itens 1, 4, 10, 13, 14, 16); prever as reações do corpo (itens 2, 3, 8, 11, 12, 15, 16); ciclo sono-vigília (itens 7, 8, 9, 15, 17, 18); e percepção de início da doença (itens 5, 6, 7, 10). O Teste T Independente não mostrou diferenças entre os grupos para todas as 5 dimensões do questionário consciência corporal ($p > 0,05$). Esta é uma importante variável de controle que o nível de consciência corporal indivíduo pode influenciar no desempenho biofeedback cardiorrespiratório.

A Escala de Motivação (*The Motivation Scale*) (Guay et al., 2000) foi aplicada após a sessão de biofeedback (antes da performance cognitiva) e foram analisados quatro dimensões: a motivação intrínseca (itens 1, 5, 9, 13); regulação identificada (itens 2, 6, 10, 14); regulação externa (itens 3, 7, 11, 15); e Desmotivação (itens 4, 8, 12, 16). Não foi encontrada diferença para os grupos com o teste T independente para todas as quatro dimensões avaliadas ($p > 0,05$). Este resultado sugere que ambos os grupos apresentaram características semelhantes de motivação antes do desempenho da tarefa cognitiva.

4.5 Discussão

Este estudo de tese investigou a influência de uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado às instruções positivas induzidas e instruções neutras no sistema nervoso autônomo e no sistema nervoso central, especificamente no processamento de erro e de conflito. Para isso a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e a coerência cardíaca foram analisadas no pré teste (repouso) e durante a sessão de biofeedback associada com a manipulação de instruções. Foram analisados os ERPs durante a performance cognitiva nas tarefas relacionadas a detecção de erro (tarefa Go No/Go) e detecção de conflito (tarefa Emotional Stroop) após a sessão de biofeedback com a manipulação de instruções. Além disso, foram correlacionados índices da VFC com os ERPs encontrados. Como o experimento utilizou a manipulação de instruções e isso influenciou no estado emocional e no engajamento da tarefa (Inzlicht & Al-Khindi, 2012), foi também investigado o estado de humor antes e após a sessão de biofeedback. O ponto central deste estudo foi responder a pergunta “A manipulação de instruções antes da sessão de biofeedback cardiorrespiratório pode ter impacto na coerência cardíaca e nos índices da VFC durante a sessão e no processamento de erro e de conflito após a sessão?”.

Um importante aspecto deste estudo é que o nome “biofeedback cardiorrespiratório” não foi informado aos participantes. Os sujeitos participaram do experimento com a informação que seriam submetidos a uma sessão de uma técnica chamada de “BRIC” (nome fictício), e que não conheciam previamente. Então o biofeedback cardiorrespiratório foi realizado pelos participantes como se fosse outra tarefa. Contudo, todos os participantes receberam orientações de uma sessão de biofeedback cardiorrespiratório, sugerindo o treino da respiração lenta abdominal, com uma exalação maior que a inalação por meio da aprendizagem do feedback. Esta escolha metodológica foi utilizada para melhorar o controle da manipulação das instruções positivas e instruções neutras. Além disso, o prévio conhecimento sobre a técnica de biofeedback cardiorrespiratório pode sugestionar as crenças e alguns efeitos emocionais (Shahidi & Powell, 1988).

A variabilidade da frequência cardíaca foi um marcador indireto do sistema nervoso autônomo, investigada por meio de análises lineares e não lineares. Para a análise linear, o domínio do tempo não mostrou índices com efeitos significativos para os batimentos cardíacos e atividade parassimpática (HR, RR, SDNN, RMSSD, pNN50). Este dado não é esperado visto que outros estudos com biofeedback cardiorrespiratório encontraram efeitos em índices do domínio do tempo, especialmente no aumento do SDNN (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004), e do HR e RMSSD (Prinsloo, Derman, et al., 2013) durante a sessão.

Os resultados encontrados neste estudo sugerem que o efeito da manipulação de instruções não foi sensível ou efetivo para a análise do domínio do tempo da VFC. Por outro lado, a análise do domínio da frequência da VFC é mais sensível à manipulação com de intervenção com a respiração (Prinsloo et al., 2014). O domínio da frequência investigado neste estudo foi por meio da razão LF/HFms² e foi verificado que somente o grupo com instruções positivas aumentou o LF/HF durante o biofeedback cardiorrespiratório em comparação ao pré teste sugerindo que este grupo pode ter dispendido mais energia respiratória. Então, mesmo que o domínio do tempo não tenha evidenciado nenhum efeito para as etapas, sugere-se que o grupo com instruções positivas tenha se esforçado mais no treino de respiração na sessão de biofeedback cardiorrespiratório em comparação ao pré teste.

A razão LF/HF é um índice da VFC caracterizado pela interação entre o sistema nervoso simpático e parassimpático da função cardíaca (Wallentin et al., 2011). Nesta razão ocorre o predomínio do

índice LF sobre o HF, e se relaciona com o predomínio simpático do SNA. Contudo, em tarefas que exigem controle respiratório, este índice pode se associar com a energia da respiração, já que o índice LF é marcado pela influência do ritmo respiratório próximo a 0.1Hz (cerca de 6 respirações por minuto) (Lin. et al., 2014; Prinsloo et al., 2014). Além disso, o índice LF é marcado tanto pela influência do ramo simpático para aumento de pressão sanguínea e alterações vasomotoras quanto pelo ramo parassimpático com a diminuição de excitação cardíaca, aumento do barorreflexo e ação do nervo vago sobre o coração (Kleiger et al., 2005; Prinsloo et al., 2014; Wallentin et al., 2011). O índice HF reflete a modulação ventilatória dos intervalos R-R e é regulado pelo nervo vago eferente e se relaciona a 9-24 respirações por minuto com característica da ação parassimpática (Kleiger et al., 2005; Prinsloo et al., 2014; Tarvainen et al., 2014). Durante o biofeedback cardiorrespiratório é comum ocorrer a diminuição de HF durante a sessão, pois o biofeedback cardiorrespiratório é associado com a diminuição do ritmo respiratório e aumento da arritmia sinusal respiratória, modificando a frequência de HF para LF (P. M. Lehrer et al., 2003; Wheat & Larkin, 2010).

A arritmia sinusal respiratória (ASR) é um índice que influi na frequência cardíaca e se correlaciona com estados emocionais positivos e também negativos. Ocorre mais ou menos ativação da ASR dependendo do tipo de complexidade da tarefa. A supressão da ASR pode estar relacionada com o esforço cognitivo e a características físicas e de hábitos do sujeito e o aumento da ASR pode se relacionar com a diminuição da frequência respiratória e ao ciclo de 6 respirações por minuto, tal como pode ocorrer no biofeedback cardiorrespiratório (Overbeek, van Boxtel, & Westerink, 2012, 2014; Wheat & Larkin, 2010). Algumas pesquisas (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004) mostraram o aumento específico do índice LF durante a técnica de biofeedback cardiorrespiratório e diminuição do índice HF durante a sessão, o que se relacionou com o aumento da frequência de ressonância cardiovascular e aumento da arritmia sinusal respiratória (P. M. Lehrer et al., 2003).

Um estudo (Lin. et al., 2014) investigou o controle do ritmo respiratório a uma frequência de 5.5 e 6 respirações por minuto, e mostrou aumento do índice LF e da razão LF/HF durante a intervenção com a respiração lenta. O aumento destes índices foi relacionado com as sensações subjetivas de relaxamento dos participantes, e o aumento de LF/HF foi relacionado com o aumento da frequência de ressonância, também chamada de coerência cardíaca.

É importante ressaltar que este estudo de tese não controlou a frequência do ritmo respiratório dos participantes, mas foi orientado nas instruções que a respiração abdominal lenta com a exalação mais longa do que a inalação poderia funcionar para aumentar a frequência de ressonância ou coerência cardíaca. O que se sugere com os resultados é que o grupo com instruções positivas induzidas tenham se esforçado mais no treino da respiração durante a sessão de biofeedback em comparação ao pré teste, e pode-se inferir que tenham produzido uma frequência próxima a 6 respirações por minuto, com o aumento da razão LF/HF. Por outro lado, nota-se que os grupos não apresentaram diferenças significativas, o que mostra que mesmo o grupo com instruções neutras treinaram a respiração controlada. Este resultado de LF/HF pode também se relacionar com o resultado encontrado da coerência cardíaca.

O grupo com instruções positivas induzidas mostrou coerência cardíaca maior que o grupo com instruções neutras tanto no pré teste quanto na sessão de biofeedback, mas essa diferença entre grupos foi somente significativa no pré teste. Este achado se relacionou com o efeito da indução “*positive misattribution*” para o grupo com instruções positivas já na fase pré teste (em repouso). Entretanto, o grupo com instruções neutras aumentou significativamente a coerência cardíaca da etapa do pré teste para a sessão de biofeedback o que pode-se inferir que uma vez o participante engajado na sessão de biofeedback cardiorrespiratório o efeito de indução de instruções diminuiu. Este resultado relacionado à coerência cardíaca mostrou que a manipulação de instruções influiu no estado de repouso da coerência cardíaca mas o efeito da manipulação diminuiu na medida que o participante realizou a técnica de biofeedback. Sugere-se que o efeito placebo relacionado a manipulação de instruções ocorreu na técnica de biofeedback cardiorrespiratório realizado neste estudo mas não foi suficiente para inviabilizar o aumento da coerência cardíaca durante a sessão. Isso sugeriu que o biofeedback cardiorrespiratório se caracterizou como uma importante técnica no aumento de coerência cardíaca independente das instruções.

Ressalta-se que assim como no estudo de (Prinsloo, Derman, et al., 2013), o cálculo de coerência cardíaca (ou da chamada frequência de ressonância) utilizado neste estudo foi baseado no domínio da frequência da VFC e foi a base para treinar o aumento da coerência cardíaca no biofeedback cardiorrespiratório. As denominações frequência de ressonância e coerência cardíaca são igualmente baseadas na respiração de aproximadamente 0.1 Hz (aproximadamente seis

respirações por minuto) em que ocorre o aumento máximo em amplitude de oscilação da frequência cardíaca. Este efeito é a ressonância do sistema cardiovascular (ou coerência cardíaca) e é o resultado da atividade da frequência cardíaca sincronizada com a respiração (McCraty et al., 2009; Shaffer et al., 2014; E. Vaschillo et al., 2007; E. G. Vaschillo et al., 2006a).

Além disso, outro ponto é que os participantes não sabiam que o feedback apresentado na tela do computador era da coerência cardíaca. Para os participantes aquela técnica de intervenção se chamava “BRIC”. O interessante foi que mesmo desconhecendo ser o biofeedback cardiorrespiratório ambos os grupos aumentaram a coerência cardíaca durante a sessão e se engajaram na tarefa respiratória. A técnica de biofeedback cardiorrespiratório foi neste estudo uma tarefa neutra para ambos os grupos, unicamente manipulando instruções. Mesmo o biofeedback cardiorrespiratório sendo tratado como uma tarefa neutra produziu aumento na coerência cardíaca.

A análise não linear foi outro importante dado capaz de facilitar a compreensão da modulação autônoma com a manipulação de instruções do biofeedback cardiorrespiratório. O método não linear possibilita investigar a complexidade e estrutura da VFC (Prinsloo et al., 2014). Como exemplo, índices relacionados ao DFA e ApEn podem favorecer a previsão e diagnóstico de doenças (Prinsloo et al., 2014).

Os resultados mostraram que os dois grupos aumentaram os índices ApEn e D2 e diminuíram o DFA: α_2 durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório em comparação ao pré teste. Isso sugeriu que durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório os dois grupos aumentaram mais a atividade do nervo vago e apresentaram maior adaptabilidade do organismo em relação ao pré teste, e isso ocorreu independente das instruções manipuladas. Isso porque o índice ApEn representa a complexidade ou irregularidade da VFC e caracteriza a modulação vagal (Beckers et al., 2006). O índice ApEn foi analisado neste estudo por meio do software *Kubios HRV analysis* e baseou-se na dimensão e tolerância, sendo que a tolerância é fixada em relação ao SDNN e por isso esta medida não é global ao nível de variabilidade e os resultados dos diferentes sujeitos podem ser comparados (Tarvainen et al., 2014). Quando o ApEn é baixo se relaciona com a baixa complexidade e maior regularidade do sinal, e quando o sinal do ApEn é alto se relaciona com maior complexidade e irregularidade do sinal o que é o ideal para a VFC e para a melhor adaptação do organismo em diferentes contextos (Schubert et al., 2009; Tulppo et al., 2001). Já o índice D2 representa a adaptação do organismo ao ambiente. O aumento

do índice D2 pode se associar com maior grau de liberdade do sistema e por isso maior variedade de respostas adaptativas (F. Liao et al., 2010; Schubert et al., 2009), e possibilita informações sobre o número mínimo de variáveis dinâmicas necessárias para modelar o sistema subjacente (Tarvainen et al., 2014). Tarefas que geram estresse podem diminuir o índice D2 e isso pode se relacionar com diminuição de adaptação do organismo e restrição cardiovascular (Schubert et al., 2009).

Assim, sugere-se que o feedback da coerência cardíaca e as orientações para o treino lento da respiração abdominal com uma exalação maior que a inalação durante a sessão, puderam contribuir para o aumento da modulação vagal. Nota-se que conforme o questionário pós sessão de biofeedback mostrou que a maioria dos participantes utilizou como estratégia algum tipo de treino de respiração durante a sessão. Então a técnica em si do biofeedback cardiorrespiratório foi um importante fator para o aumento da atividade do nervo vago para os dois grupos na sessão.

Foi observado também que os grupos diminuíram o índice de flutuação depurada de longo prazo (16-64 batimentos (Tarvainen et al., 2014)), o DFA: α_2 , durante a sessão de biofeedback em comparação ao pré teste. Este índice é ainda pouco discutido na literatura em relação a seu significado fisiológico e comportamental mas esta associado a atividade dinâmica do ramo simpático (Beckers et al., 2006). Este índice diminuiu durante a sessão para os dois grupos. De qualquer modo, uma hipótese é que este índice não se relacione com uma hiper ativação simpática de forma negativa já que não é utilizado na literatura como um índice preditor de risco de doenças (Kleiger et al., 2005).

Outro índice de flutuação depurada é o DFA: α_1 , mas que é calculado em curto prazo (4-16 batimentos) (Tarvainen et al., 2014). Quanto ao índice DFA: α_1 , foi observado que somente o grupo com instruções positivas induzidas mostraram maior DFA: α_1 durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório em comparação ao pré teste. O aumento do índice DFA: α_1 se relaciona com a interação entre o ramo simpático e atividade vagal do HR, quando são organizados de forma recíproca em que um ramo aumenta e o outro diminui de atividade. A diminuição do DFA: α_1 se associa a organização randômica do HR, e ocorre a ativação conjunta do nervo simpático e vago (Mourot et al., 2007). Estudos mostram que a diminuição do DFA: α_1 pode estar relacionada com doenças (Peng et al., 1995) e com o aumento da idade (Beckers et al., 2006). Assim, o DFA: α_1 se relaciona com a interação da modulação vagal e simpática e o aumento deste índice é um

parâmetro de adaptação cardiovascular em nível de ativação vagal e do ramo simpático (Beckers et al., 2006).

Desta forma, sugere-se que ambos os grupos mostraram efeitos com o aumento da modulação vagal durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, mas o grupo com instruções positivas induzidas apresentou um significativo aumento de DFA: $\alpha 1$ na sessão em relação ao pré teste. Ademais, o grupo com instruções positivas induzidas mostrou maior D2 durante a sessão com biofeedback cardiorrespiratório do que o grupo com instruções neutras, sendo verificada uma diferença importante entre os grupos no que se refere a adaptação cardiovascular diante a demanda da tarefa de biofeedback.

Os índices da VFC puderam sugerir que a manipulação de instruções antes do biofeedback cardiorrespiratório influenciou os índices da VFC especialmente da análise não linear e na coerência cardíaca. Os dois grupos apresentaram aumento da coerência cardíaca durante a sessão e aumento de índices relacionados a modulação vagal e adaptabilidade do organismo. Isso mostra que mesmo o biofeedback cardiorrespiratório instruído de forma neutra sem remeter ao nome da técnica, pode ser observado aumento da coerência cardíaca e da modulação vagal utilizando como base a orientação do treino da respiração abdominal e o feedback da coerência cardíaca. Contudo, infere-se que o grupo com instruções positivas induzidas teve maior esforço respiratório, já que aumentou LF/HF significativamente durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório em comparação ao pré teste.

Além disso, este grupo teve um aumento significativo de DFA: $\alpha 1$ durante a sessão em comparação ao pré teste, o que sugere uma maior interação entre nervo vago e ramo simpático. O efeito da manipulação de instruções pode ser observado na coerência cardíaca, já que o grupo com instruções positivas induzidas tiveram maior coerência cardíaca no pré teste e maior D2 durante a sessão do que o grupo com instruções neutras. Mas o grupo com instruções neutras mostrou engajamento durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, pois aumentou significativamente a coerência cardíaca do pré teste para a sessão. Estes dados sugerem que o biofeedback cardiorrespiratório aumentou a coerência cardíaca e a modulação do nervo vago para os dois grupos mas pode ser observado efeito da manipulação para o grupo com instruções positivas induzidas.

A manipulação de fontes externas influencia na emoção, na excitação fisiológica e na performance cognitiva (Schachter & Singer, 1962) e isso pode ser observado em alguns dos resultados deste estudo relacionados ao sistema nervoso autônomo. Além de indicadores

indiretos do sistema nervoso autônomo analisados antes e durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, foi investigado os efeitos cognitivos após a sessão associada com a manipulação de instruções. A performance cognitiva e os ERPs foram analisados durante as tarefas de Go No/Go e Emotional Stroop. A tarefa de Go/NoGo se relaciona mais ao processo de detecção de erro e controle inibitório enquanto que a tarefa de Emotional Stroop está mais associada com o processamento de interferência e de conflito com conotação emocional. O processamento de erro e o processamento de conflito são funções essenciais do cérebro para a adaptação do comportamento e para o funcionamento executivo. Estes processos cognitivos são processados diferentemente mas não são independentes e ambos podem se associar com o córtex cingulado anterior de forma distinta (Iannaccone et al., 2015).

Desta maneira, o córtex cingulado anterior está associado com o processamento do erro, e o componente ERN (negatividade relacionado ao erro) se caracteriza como a saída de um sistema de avaliação envolvido na detecção de erro (Falkenstein et al., 1991; Holroyd et al., 2003; Iannaccone et al., 2015; Kiehl et al., 2000; Shima & Tanji, 1998). Para a tarefa de Emotional Stroop, relacionada com a detecção de conflito, o córtex cingulado anterior associa-se com a ativação rostral relacionado com a resolução de conflitos emocionais acompanhada pela ativação da amígdala, córtex pré-frontal dorsolateral e dorsomedial (Etkin et al., 2006). Neste estudo objetivou verificar se estes processos cognitivos de detecção de erro e de detecção de conflito foram diferentes após o biofeedback cardiorrespiratório conforme o tipo de manipulação de instruções.

No que se refere a performance cognitiva, não foram verificadas diferenças significativas entre o grupo que recebeu instruções positivas induzidas e o grupo que recebeu instruções neutras nas duas tarefas cognitivas. Os resultados da performance cognitiva sugeriram que independente das instruções antes do biofeedback cardiorrespiratório, os grupos apresentaram performance cognitiva equivalente.

Um estudo (Inzlicht & Al-Khindi, 2012) que utilizou o mesmo paradigma de manipulação de instruções (“misattribution instructions”) realizou a tarefa de Go No/Go após os participantes consumirem uma bebida que acreditavam que iria aumentar a ansiedade e também não foi observada diferença na performance entre o grupo com manipulação negativa e o grupo que não recebeu instruções negativas. A manipulação de instruções para o estudo de Inzlicht and Al-Khindi (2012) foi caracterizada por conotação emocional negativa e também não foi sensível a performance cognitiva, assim como neste estudo de tese. Por

outro lado os autores (Inzlicht & Al-Khindi, 2012) encontraram diferenças significativas para o ERP durante a tarefa de Go No/Go.

No estudo de Inzlicht and Al-Khindi (2012) o ERN (negatividade relacionada ao erro) foi detectado na tarefa de Go No/Go na região fronto-central e na janela de tempo de -50ms a 150ms especificamente em FCz. Neste estudo de tese foi encontrado resultado similar, o ERN foi detectado com uma topografia fronto-central, tipicamente associado com a atividade do córtex cingulado anterior, com amplitude na janela de tempo de -50ms a 100ms. Para o estudo de Inzlicht and Al-Khindi (2012) o grupo que recebeu a manipulação negativa de instruções apresentou amplitude menor do ERN em comparação ao grupo que não recebeu manipulação de instruções. Segundo os autores possibilitar uma atribuição de excitação emocional negativa diminuiu o ERN.

Neste estudo de tese o ERN também foi significativamente menor para o grupo com manipulação de instruções. Entretanto, nesta tese a menor amplitude do ERN foi relacionada com a manipulação de instruções positivas, enquanto que o grupo com instruções neutras apresentou maior amplitude de ERN. A detecção de erro foi maior para para o grupo neutro do que para o grupo com instruções positivas. Assim como o estudo de Inzlicht and Al-Khindi (2012), este achado do ERN ocorreu sem relação com a performance cognitiva, já que não foram observadas diferenças entre grupos para a performance. Isso sugeriu que o ERN pode ser influenciado pelo estado afetivo positivo e pode não influir na performance, não sendo um componente puramente cognitivo.

O ERN pode estar associado a reações afetivas e defensivas ao erro e pode se relacionar com a motivação e a um sistema de processamento de avaliação geral (Bartholow et al., 2005). O ERN pode ser influenciado pelo estado sinal afetivo via conexões do córtex cingulado anterior com a amígdala e núcleo autonômico do tronco cerebral (Falkenstein et al., 2000; Gehring & Knight, 2000; Larson et al., 2013). Assim, considerando não ter diferenças na performance cognitiva e somente considerando a amplitude do ERN, sugere-se que grandes amplitudes de ERN se relacionam ao maior processamento de erro e maior atenção e pode se relacionar a mais “medo” e apreensão durante a realização da tarefa cognitiva (Grasso et al., 2012). E a diminuição da amplitude do ERN associada com afeto emocional pode se relacionar com maior eficiência cognitiva (Grasso et al., 2012; Larson et al., 2014). Contudo isso ainda é questionável pois não se sabe ao certo qual nível de ativação de ERN é ideal para os processos cognitivos (Amodio et al., 2008; Hajcak et al., 2004).

Ao contrário do achado de Inzlicht and Al-Khindi (2012), para Amodio et al. (2008) e Hajcak et al. (2004) o estado emocional com afeto negativo pode se relacionar com maior engajamento na tarefa devido a maior atenção e vigilância e possivelmente influenciando na maior representação do erro, e assim com maior ERN (e não menor ERN). Neste estudo de tese, a maior amplitude do ERN para o grupo com instruções neutras pode ter relacionado com certo afeto negativo, enquanto que o grupo com indução positiva de instruções se relacionou com a indução de afeto positivo associado a menor amplitude de ERN. Isso vai contra ao achado de Inzlicht and Al-Khindi (2012) mas vai de encontro por exemplo com (Grasso et al., 2012; Larson et al., 2014). Este resultado possui grande importância no âmbito científico pois possibilita a discussões de outras hipóteses quanto ao significado emocional do ERN.

Outro resultado desta pesquisa ainda na tarefa de Go No/Go foi em relação a positividade relacionado ao erro (Pe), mas que não foi encontrada diferença entre grupos, somente diferença entre resposta correta e incorreta para a região parietal posterior. Este resultado é esperado já que o Pe é evidenciado pela diferença da resposta correta com a incorreta (Falkenstein et al., 2000). O Pe se relaciona com a consciência do erro (Larson et al., 2013; Riesel et al., 2013) ou correção do erro e o processamento contínuo do significado do erro e é gerado após uma resposta incorreta (Falkenstein et al., 2000).

Na tarefa de Emotional Stroop foi encontrado efeito de conflito para a janela de tempo 350ms a 450ms na área parieto-occipital para os dois grupos. O efeito de conflito é esperado em tarefas que envolvem o Stroop e este efeito foi observado para ambos os grupos. O componente na janela de tempo de 350-450ms relacionado ao conflito emocional se relacionou nos resultados desta tese com o ERP P3b. Outro estudo (Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer, & Lang, 2000) achou um componente com janela de tempo similar a este estudo de tese, em torno de 340-450ms, e os autores também relacionaram com o ERP P3. O potencial positivo que aparece após (ou próximo) aos 400ms pode ainda se associar com o P3 para o input da atenção para estímulos com conotação emocional (Cuthbert et al., 2000).

O componente P3 é comumente verificado em tarefa que envolve Stroop (Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson et al., 2008), e por isso, neste estudo de tese, o efeito de conflito encontrado foi um dado esperado. Este componente caracteriza por apresentar uma localização na região parietal, relacionada ao processo de atenção e input do estímulo emocional, dependendo da tarefa específica que é

efetuada (Briggs & Martin, 2009; Duncan et al., 2009; Luck, 2005; Olofsson et al., 2008).

O componente P3 não mostrou nenhum efeito quanto a grupos neste estudo de tese, mas o componente lento que apareceu após o P3, na janela de tempo de 700ms a 800ms, mostrou diferença entre os grupos. Este componente lento de conflito é chamado de SP (conflict slow potential= potencial lento de conflito), e é geralmente detectado após os 500ms com amplitude positiva e uma topografia parietal (Larson et al., 2009).

Conforme Larson et al. (2009) o componente SP se relaciona com o mecanismo de adaptação de processamento de conflito para atingir a eficiência na tarefa ou a sinalização de um aumento de implementação do controle de atenção. O presente estudo encontrou amplitude significativamente maior de SP para o grupo com instruções positivas induzidas com uma localização parieto-occipital. Nota-se que, os grupos não apresentaram diferenças na performance cognitiva, o que sugere que o componente SP teve influência da manipulação da excitação emocional, já que um grupo recebeu instruções positivas induzidas e o outro grupo recebeu instruções neutras e a tarefa de Stroop apresentou conotação emocional. Para Larson et al. (2009) os efeitos observados do componente de conflito SP não estão diretamente relacionados com a predição da performance comportamental. Por isso, o achado do componente SP deste estudo pode se justificar com a hipótese de que o grupo com instruções positivas induzidas apresentou um aumento de implementação de atenção para estímulo emocional, sem interferir na performance na tarefa. Isso infere que o biofeedback cardiorrespiratório associado a manipulação de instruções positivas induzidas influiu no aumento da implementação da atenção durante uma tarefa de detecção de conflito com conotação emocional.

O estudo de Shen et al. (2013) também mostrou um ERP positivo na janela de tempo de 700-800 ms na região parieto occipital durante tarefa de Emotional Stroop, relacionando com o componente SP. Segundo os autores este componente está relacionado com os processos pré e pós resposta. Antes de uma resposta, o conflito SP é relacionado com a resolução de conflitos e seleção de resposta, e após a resposta o conflito SP refletir monitoramento e implementação da atenção na resposta ou adaptação do conflito. Isso sugere que os participantes podem monitorar a interferência de uma resposta e se adaptar ao conflito, em preparação para a próxima resposta.

Ressalta-se que este componente é ainda pouco investigado na literatura. Maior parte dos estudos com stroop são com a tarefa

tradicional (Liotti et al., 2000; West, 2003; West & Alain, 2000a, 2000b) mas poucos com a tarefa de Emotional Stroop (Taake et al., 2009; Thomas et al., 2007; Williams et al., 1996).

Este estudo também buscou correlações entre o sistema nervoso autônomo e o sistema nervoso central por meio da correlação do efeito do biofeedback cardiorrespiratório da VFC com a performance cognitiva e com os ERPs. Para a performance cognitiva, foi encontrada correlação positiva entre o efeito stroop na tarefa de Emotional Stroop e o índice SD2. Isso sugere que quanto maior o efeito de conflito (stroop) maior foi o efeito do biofeedback no índice SD2, relacionado a modulação simpática. O índice SD2 é uma análise de Poincaré e pode estar associada com maior modulação simpática. Então sugere-se que quanto maior o efeito stroop maior o conflito e maior relação com ativação simpática. Isso é esperado, já que durante conflito requer energia e processo de vigilância para responder ao estímulo com interferência. Para os ERPs foi encontrada correlação positiva entre a razão LF/HFms² e o ERP Pe para resposta incorreta na tarefa Go No/Go. Assim, quanto maior o efeito do biofeedback no LF/HFms² maior foi o Pe durante a resposta incorreta. Uma hipótese é que quanto maior o efeito da energia da respiração durante o biofeedback cardiorrespiratório maior foi a relação com a consciência ao erro após o ERN na tarefa de Go No/Go. Já na tarefa de Emotional Stroop foi observada correlação positiva da razão LF/HFms² e o ERP na janela de tempo de 350-450ms (P3) para resposta congruente e incongruente. Então quanto maior o efeito da energia da respiração durante o treino de biofeedback maior foi verificado o processo de input de atenção do estímulo emocional. Não foram encontradas correlações como estas na literatura, o que remete a mais investigações, mas sugere-se que a energia da respiração durante o biofeedback com coerência cardíaca pode influir no processo de detecção de erro e de input da atenção para processamento de conflito emocional, associando-se aos dois cognitivos processos investigados neste estudo de tese.

Outro dado inédito neste estudo se refere ao estado de humor investigado em efeito agudo antes da manipulação de instruções e após o biofeedback cardiorrespiratório. Para os dois grupos ocorreu uma diminuição da excitação emocional tanto para emoções positivas quanto para emoções negativas. A literatura com biofeedback cardiorrespiratório não aponta resultados semelhantes. Os estudos (M. K. Karavidas et al., 2007; Zucker et al., 2009) mostraram que o programa de biofeedback crônico diminuiu sintomas relacionados a depressão e de estresse pós traumático respectivamente. Isso pode se

relacionar ao fato do biofeedback cardiorrespiratório influir em aspectos emocionais mas este tipo de resultado não foi observado neste estudo para o efeito agudo. Outros autores (Ahmed et al., 2011; Lombardo & Violani, 1994; Nishimura et al., 2007) também sugerem que biofeedback é uma técnica que envolve características emocionais e pode influir na excitação do organismo.

No caso deste estudo de tese, o biofeedback influenciou na diminuição tanto da excitação positiva quanto da excitação negativa de todos os participantes. Uma hipótese é que o biofeedback cardiorrespiratório possibilitou por meio da respiração controlada a descentralização das emoções. Um estudo com meditação associada com respiração mostrou que a diminuição da excitação emocional pós intervenção se relacionou com a descentralização das emoções e ao estado de contemplação (Broderick, 2005). Outro estudo com meditação (Arch & Craske, 2006) mostrou que o treino de meditação mindfulness diminuiu a reatividade emocional se relacionando com a descentralização de emoções internas.

Por outro lado foi verificada uma diferença para grupos no que se refere a fadiga. O grupo com instruções neutras mostrou maior fadiga após a sessão de biofeedback do que o grupo com instruções positivas induzidas. Isso se relacionou com o cansaço após o experimento de biofeedback que exigiu atenção e controle respiratório. Além disso, este grupo não recebeu nenhuma instrução positiva, o que poderia influir no engajamento emocional durante a técnica de intervenção de biofeedback. Uma hipótese é que o grupo com instruções neutras se cansaram mais que o grupo com instruções positivas já que não observaram benefícios explícitos em realizar a sessão. Isso se relacionou com o questionário pós sessão de biofeedback, em foi observado que no grupo com instruções neutras teve um número menor de participantes que identificaram o feedback durante o treino de biofeedback cardiorrespiratório. Uma hipótese é que este resultado seja uma influência da manipulação de instruções, pois o que pode ter ocorrido é que o grupo neutro acreditou menos no biofeedback cardiorrespiratório do que o grupo com instruções positivas induzidas e isso pode influir no estado emocional relacionado a fadiga.

Outra hipótese é que a maior fadiga influenciou em sensação de estresse ou de saturação durante as tarefas cognitivas realizadas após o biofeedback no grupo com instruções neutras e também influenciou no aumento do ERN durante a tarefa de Go No/Go. Isso porque o ERN pode se relacionar com emoções negativas como já exposto. Ademais, o aumento da fadiga pode se relacionar com a diminuição do SP, ou seja,

com a diminuição da implementação da atenção durante uma tarefa de detecção de conflito com conotação emocional. Por outro lado, ressalta-se que não houve diferenças na performance cognitiva. Isso é uma hipótese e outros estudos com o biofeedback cardiorrespiratório e manipulação de instruções necessitam ser realizados para melhor compreender como os estados emocionais influenciam no processamento das informações no cérebro.

Desta maneira este estudo mostrou resultados relacionados ao sistema nervoso autônomo durante a tarefa de biofeedback, performance cognitiva e ERPs após o biofeedback, e questionários antes da manipulação de instruções e após tarefa de biofeedback. Os dados em conjunto fornecem evidência quanto aos benefícios do biofeedback cardiorrespiratório para a modulação vagal, aumento de coerência cardíaca e diminuição de excitação emocional. Entretanto, também sugere-se influência de efeito placebo relacionado manipulação de instruções, especialmente verificado no processo de detecção de erro (ERN), processo de implementação da atenção durante tarefa de detecção de conflito com conotação emocional (SP), e estado de fadiga.

4.6 Conclusão

Os índices da VFC sugerem que a manipulação de instruções antes do biofeedback cardiorrespiratório influenciaram nos índices indiretos do sistema nervoso autônomo. Entretanto também foram verificados efeitos no aumento da modulação vagal independente da manipulação de instruções (com aumento de ApEn e D2 durante a sessão de biofeedback). As diferenças entre grupos foram sutis, já que ambos os grupos apresentaram aumento da coerência cardíaca durante a sessão e aumento de índices relacionados a modulação vagal e adaptabilidade do organismo. Contudo, o grupo com instruções positivas induzidas mostrou um importante aumento da razão LF/HF e do índice DFA: $\alpha 1$ durante a sessão de biofeedback em comparação ao pré teste, maior coerência cardíaca no pré teste e maior D2 na sessão de biofeedback em comparação ao grupo com instruções neutras. Isso pode sugerir que o biofeedback cardiorrespiratório foi eficaz para aumento de coerência cardíaca e modulação do nervo vago para os dois grupos mas foi observado o efeito da instrução para o grupo com instruções positivas induzidas.

Importante ressaltar que nenhum participante recebeu a informação sobre o que era a coerência cardíaca ou que seria uma técnica de biofeedback cardiorrespiratório. A técnica de biofeedback cardiorrespiratório foi considerada uma tarefa neutra neste estudo pois os participantes não sabiam previamente que se tratava de biofeedback cardiorrespiratório. No entanto, todos os participantes foram orientados a treinar a respiração suave e abdominal, relaxar e manter o foco no feedback. Com as instruções fornecidas aos participantes foi possível verificar efeitos relacionados ao aumento da coerência cardíaca e a diminuição da excitação emocional positiva e negativa.

Os efeitos cognitivos após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório associado com a manipulação de instruções positivas e instruções neutras mostrou que não houve diferença entre grupos no que se refere a performance cognitiva na tarefa Go No/Go e Emotional Stroop. Mas foi observado efeito para os ERPs durante processamento de erro e durante processamento de conflito. Sugere-se que o ERN e o SP podem apresentar influência do estado emocional, independente da performance cognitiva na tarefa, e não são somente componentes puramente cognitivos. O grupo com instruções positivas induzidas mostrou menor ERN na tarefa Go No/Go e maior SP na tarefa Emotional Stroop, o que pode inferir que este grupo apresentou menor detecção de erro e maior implementação da atenção durante tarefa de detecção de conflito com conotação emocional. Este foi considerado um efeito da manipulação de instruções com conotação emocional positiva. Outro efeito relacionado a manipulação de instruções positivas se relacionou com o estado de fadiga. O grupo com instruções positivas induzidas apresentou menor fadiga do que o grupo com instruções neutras.

As correlações ainda sugerem que possa existir relação entre o efeito do biofeedback cardiorrespiratório para excitação autonômica e a performance em efeito Stroop além da relação entre o efeito da energia da respiração durante o biofeedback cardiorrespiratório com a consciência ao erro após o ERN e o processo de input de atenção do estímulo emocional na tarefa de Emotional Stroop. Estas correlações inferem que a energia da respiração durante o biofeedback com coerência cardíaca pode influir no processo de consciência de erro e de input da atenção para processamento de conflito emocional, associando-se aos dois cognitivos processos investigados neste estudo de tese. Contudo estas correlações merecem mais investigações já que não foram encontrados dados preliminares que possam justificar esta hipótese.

5. DISCUSSÃO GERAL

Esta tese realizou 2 estudos para investigar características psicofisiológicas associadas com a técnica de biofeedback cardiorrespiratório em diferentes manipulações experimentais associadas com o placebo. Em tese, buscou-se compreender como a manipulação placebo (manipulação do feedback para o estudo 1 e a manipulação das instruções para o estudo 2) pode influir nos efeitos da técnica de biofeedback cardiorrespiratório. Isso mostrou evidências sobre a eficácia do biofeedback cardiorrespiratório em efeito agudo para modulação autônoma, a influência do biofeedback cardiorrespiratório com manipulação de instruções no processamento de informações no cérebro, a discussão de índices da VFC da análise não linear ainda pouco investigados na literatura no contexto do biofeedback e a influência da crença do biofeedback cardiorrespiratório nos aspectos psicofisiológicos e emocionais.

Em ambos os estudos foi realizada a investigação dos efeitos de uma única sessão, em efeito agudo, e em adultos jovens considerados saudáveis. Isso se diferiu da maioria dos estudos, que utilizaram a técnica de biofeedback cardiorrespiratório em efeito crônico para pacientes clínicos (Del Pozo et al., 2004; Giardino et al., 2004; Hassett et al., 2007; P. Lehrer et al., 2000; Swanson et al., 2009). Poucos estudos utilizaram a técnica de biofeedback cardiorrespiratório em efeito agudo (P. M. Lehrer et al., 2003; Prinsloo, Derman, et al., 2013; Prinsloo, Rauch, et al., 2013). A utilização do biofeedback cardiorrespiratório em efeito agudo sugeriu esta técnica como uma forma de estratégia em momentos de estresse e desafio no dia a dia, e não somente como um programa de intervenção em longo prazo.

Outro aspecto em comum nos dois estudos desta tese foi a sugestão fornecida aos participantes para treinar a respiração abdominal e controlada como estratégia eficaz para aumentar a coerência cardíaca e buscar a aprendizagem por meio do feedback para atingir eficiência durante a sessão. Este tipo de instrução baseada na respiração e na aprendizagem do feedback é base do biofeedback cardiorrespiratório (P. M. Lehrer et al., 2000; Shaffer et al., 2014). Desta maneira, os dois estudos desta tese foram marcados pela influência da respiração nas características psicofisiológicas e emocionais investigadas.

Os estudos se diferenciaram no tipo de manipulação com característica placebo, no tempo de duração da sessão de biofeedback cardiorrespiratório, nas etapas investigadas, em alguns dos índices

psicofisiológicos investigados, e no tipo de cálculo da coerência cardíaca ou frequência de ressonância cardiovascular. Existem diversas formas de biofeedback cardiorrespiratório, em que o feedback pode ser apresentado por meio do ritmo cardíaco e respiratório, pelos índices do domínio do tempo da VFC, pela arritmia sinusal respiratória, ou por meio do cálculo do domínio da frequência. Contudo, todas as formas de feedback e os diferentes cálculos de coerência cardíaca possuem o mesmo objetivo, de aumentar a sincronia da respiração com os batimentos cardíacos, diminuir a frequência respiratória, e buscar produzir uma frequência próxima a 0.1Hz de LF.

Esta não padronização do tipo de feedback do biofeedback cardiorrespiratório se deve ao fato de existir diferentes softwares e diferentes formas de atingir o ritmo de 6 respirações por minuto ou a frequência próxima de 0.1Hz de LF da VFC (Shaffer et al., 2014). As diferentes formas de feedback mostram e registram diferentes dados mas que servem todas como o treino de coerência cardíaca. Além disso, o principal marco do biofeedback cardiorrespiratório é o treino da respiração abdominal lenta e suave, preferencialmente com uma exalação maior que a inalação (Shaffer et al., 2014).

O estudo 1 se diferiu em manipular o feedback do biofeedback em duas sessões para os mesmos participantes, mantendo instruções positivas quanto a eficácia do biofeedback cardiorrespiratório para diminuição de estresse e ansiedade nas duas sessões. A diferença entre as duas sessões foi em relação ao tipo de feedback (feedback placebo e feedback real). No estudo 1 o tempo da sessão de biofeedback cardiorrespiratório foi de 10 minutos e as etapas investigadas foram durante a sessão e o pós teste. O tempo de duração de 10 minutos em efeito agudo também foi utilizado no estudo de (Prinsloo, Derman, et al., 2013; Prinsloo, Rauch, et al., 2013). O tipo de feedback da coerência cardíaca foi no estudo 1 relacionado com a sincronia da respiração com os batimentos cardíacos.

O estudo 2 se diferiu em manipular as instruções antes da realização do biofeedback cardiorrespiratório para dois grupos (grupo com instruções positivas induzidas e grupo com instruções neutras). Contudo, o estudo 2 utilizou a técnica de biofeedback cardiorrespiratório como uma tarefa neutra, em que os participantes não tiveram a informação de que a sessão experimental seria com o biofeedback cardiorrespiratório. Os participantes foram induzidos a acreditarem que era outra técnica sendo testada, com nome fictício de “BRIC session”. Isso foi um fator de controle de instruções, e possibilitou testar a técnica em si limitando a influência de crença em relação ao biofeedback. As

etapas investigadas no estudo 2 foram o pré teste e a sessão de biofeedback (análise da coerência cardíaca e VFC) e o pós teste (análise da performance cognitiva e dos ERPs). O tipo de feedback no estudo 2 foi da coerência cardíaca por meio do cálculo do domínio da frequência. Este cálculo da coerência cardíaca por meio do domínio da frequência já foi utilizado por outros estudos (Courtney et al., 2011; McCraty et al., 2009; Prinsloo, Derman, et al., 2013).

Nota-se que em ambos os estudos não foi registrada a frequência respiratória dos participantes e não se sabe se realmente atingiram 6 respirações por minuto. Também não foi registrada a atividade do barorreflexo. No entanto, relacionou-se os dados ao treino da coerência cardíaca, possibilitando inferir que os participantes dos dois estudos puderam aumentar a atividade do nervo vago com o aumento da coerência cardíaca durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório.

A literatura aponta que a coerência cardíaca se relaciona com o aumento da atividade do nervo vago, diminuição do ritmo respiratório, aumento da arritmia sinusal respiratória e da atividade do barorreflexo (P. M. Lehrer et al., 2000; McCraty et al., 2009; McCraty & Zayas, 2014). Por isso, sugere-se que os dados encontrados nos dois estudos por meio da coerência cardíaca e índices da VFC se relacionaram com o treino respiratório e possivelmente com a experiência próxima de 6 respirações por minuto. Outro dado verificado nos dois estudos foi que características de efeito placebo são presentes na técnica de biofeedback cardiorrespiratório, mas que independente da manipulação placebo é possível observar aumento da modulação vagal nos índices da VFC e das sensações relacionadas ao relaxamento descritas no auto-relato dos participantes.

Um resultado encontrado no estudo 1 que não foi encontrado no estudo 2 se relacionou ao aumento dos índices do domínio do tempo da VFC (HR, SDNN) durante a sessão de biofeedback. Este seria um resultado esperado no estudo 2, pois se relaciona ao aumento parassimpático e corrobora com estudos já realizados (Hassett et al., 2007; M. K. Karavidas et al., 2007; P. M. Lehrer et al., 2003; P. M. Lehrer et al., 2004), mas que não foi verificado para o estudo 2 desta tese. Para a análise do domínio da frequência e análise não linear da VFC os dois estudos mostraram efeitos significativos com o biofeedback cardiorrespiratório.

O estudo 1 mostrou aumento de LF, LF/HF e da coerência cardíaca durante a sessão com feedback real em relação ao pós teste. Para a sessão com feedback placebo foi verificado aumento de LF/HF e

da coerência cardíaca em relação ao pós teste. No estudo 2 também foi verificado aumento de LF/HF durante o biofeedback cardiorrespiratório em relação ao pré teste para o grupo com instruções positivas induzidas e diferença significativa entre os grupos para a coerência cardíaca durante o pré teste. No estudo 2 o grupo com instruções positivas induzidas mostrou maior coerência cardíaca no pré teste do que o grupo com instruções neutras. Para os dois estudos, estes resultados do domínio da frequência e da coerência cardíaca puderam mostrar o efeito da manipulação placebo. Mas, em ambos os estudos, foi verificado que depois que os participantes se engajaram no treino de biofeedback cardiorrespiratório o efeito da manipulação diminuiu e tanto a sessão com manipulação de feedback placebo quanto o grupo com instruções neutras puderam aumentar índices relacionados a coerência cardíaca e modulação vagal com o biofeedback cardiorrespiratório.

A modulação vagal foi investigada nos dois estudos especialmente com a análise não linear da VFC. Nos dois estudos foi verificado que o índice como o DFA: $\alpha 1$ aumentou durante a sessão. Para o estudo 1 isso aconteceu tanto para o feedback real quanto para o feedback placebo. No estudo 2 este resultado ocorreu somente para o grupo com instruções positivas induzidas. Contudo no estudo 2 ambos os grupos mostraram aumento de modulação vagal com o aumento do índice ApEn durante a sessão de biofeedback. No estudo 1 o aumento de ApEn foi verificado para a etapa do pós teste e também para as duas sessões experimentais. Já o índice DFA: $\alpha 2$ é ainda discutido, e pouco se sabe sobre o significado fisiológico e comportamental deste índice. No estudo 1 o índice DFA: $\alpha 2$ aumentou no pós teste concomitantemente com o aumento do ApEn. E no estudo 2 o índice DFA: $\alpha 2$ diminuiu durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório para todas as situações de manipulação experimental.

Ainda no estudo 1 teve a classificação de bons e fracos aprendizes da coerência cardíaca, o que não foi realizado no estudo 2 devido ao diferente objetivo proposto. No estudo 1 a análise dos índices que mensuram indiretamente o sistema nervoso autônomo e a coerência cardíaca foram mais investigados, enquanto que no estudo 2 teve também como objetivo a investigação dos ERPs pós sessão de biofeedback.

Os índices da VFC para os bons aprendizes e fracos aprendizes da coerência cardíaca mostrou no estudo 1 que, os bons aprendizes puderam aumentar mais índices que se relacionam com a atividade parassimpática e modulação vagal do que os fracos aprendizes. E isso ocorre e em especial durante o feedback real. Por outro lado os fracos

aprendizes também dispenderam energia respiratória durante a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, mostrando aumento de LF e diminuição de HF durante a sessão com feedback placebo. Mas também foi verificado LF maior pós sessão com feedback placebo enquanto que o LF foi menor no pós teste com feedback real. Sugere-se que o índice LF deveria ser menor no pós teste, e isso foi especialmente encontrado para o feedback real. Os fracos aprendizes também mostraram efeitos na modulação vagal, mas os bons aprendizes tiveram mais resultados quanto ao aumento da VFC com a técnica de biofeedback. Por outro lado, isso é esperado já que o aumento da coerência cardíaca se relaciona com aumento de atividade do nervo vago e estes participantes tiveram maior aumento de coerência cardíaca do que os fracos aprendizes.

O estudo 1 e o estudo 2 mostraram evidências de que o biofeedback cardiorrespiratório influenciou no aumento da modulação vagal e nos índices relacionados com a energia respiratória para todos os grupos experimentais. O estudo 1 ainda sugere evidência de efeito agudo pós sessão de biofeedback, com o aumento de HF e D2 pós teste com feedback real, e aumento de ApEn pós teste para todos os sujeitos em ambas sessões. Isso sugere que após cessar o treino respiratório do biofeedback cardiorrespiratório foi verificado aumento de atividade parassimpática e maior adaptação do organismo.

Mesmo que as sessões do estudo 1 não foram significativamente diferentes, foram encontradas diferenças sutis entre as etapas e os bons e fracos aprendizes de coerência cardíaca. E no estudo 2 mesmo que nem todos índices da VFC não apresentaram diferenças entre grupos, foi observado diferenças significativas entre a sessão de biofeedback e o pré teste.

O estudo 2 ainda se diferenciou do estudo 1 por investigar efeitos dos ERPs pós teste com o biofeedback cardiorrespiratório, durante duas tarefas cognitivas (Go No/Go e Emotional Stroop). Isso possibilitou verificar o quanto uma técnica com manipulação emocional influenciou no processamento de informações relacionadas ao erro e ao conflito no cérebro. Além disso, nenhum participante recebeu a informação sobre o que era a coerência cardíaca ou que seria uma técnica de biofeedback cardiorrespiratório. Assim a técnica de biofeedback cardiorrespiratório foi uma tarefa neutra, em que foi verificado efeitos relacionados ao aumento da coerência cardíaca e a diminuição da excitação emocional positiva e negativa.

Os resultados relacionados aos ERPs pós biofeedback cardiorrespiratório associado com manipulação de instruções positivas e

instruções neutras puderam mostrar que a detecção de erro e o processamento de conflito podem ser influenciados pelo estado emocional, e os ERPs relacionados a estes processos não são puramente cognitivos. A influência das emoções nos ERPs também foi verificado em outros estudos com a tarefa de Emotional Stroop (Shen et al., 2013; West, 2003) e com a tarefa de Go No/Go (Inzlicht & Al-Khindi, 2012; Zhang & Lu, 2012). Os ERPs puderam contribuir na compreensão do quanto o biofeedback cardiorrespiratório influenciou no processamento de erro e conflito conforme a manipulação de instruções, mas isso não impactou na performance cognitiva.

Para os ERPs foi observado que o grupo com instruções positivas induzidas mostrou menor ERN na tarefa Go No/Go e maior ERP positivo de 700-800ms (possivelmente o SP) na tarefa Emotional Stroop, o que infere que este grupo apresentou menor detecção de erro e maior monitoramento para implementação da atenção durante tarefa de detecção de conflito com conotação emocional. Os estudos como de Amodio et al. (2008) e Hajcak et al. (2004) sugeriram que o ERN pode ser influenciado pelo estado emocional negativo, refletindo em maior amplitude do ERN. Quanto ao ERP positivo de 700-800ms (SP) na tarefa de Emotional Stroop, poucos estudos investigaram este componente e não foi encontrada relação entre manipulação de instruções com o tipo de conotação emocional e o SP. Contudo, alguns estudos (Shen et al., 2013; West, 2003) sugerem a relação do componente positivo numa janela de tempo após 600ms com aspectos emocionais da tarefa de Stroop.

O questionário pós sessão aplicado nos dois estudos não evidenciou grandes diferenças decorrentes das manipulações experimentais. Os dois estudos mostraram que maior parte dos participantes utilizou a estratégia de algum tipo de respiração para aumentar a coerência cardíaca e a maioria relatou sensação de relaxamento após o biofeedback cardiorrespiratório. A única diferença entre grupos observada no questionário pós sessão foi no estudo 2. No estudo 2 o grupo com instruções neutras relatou reconhecer menos o feedback do que o grupo com instruções positivas induzidas. Isso sugere que o grupo com instruções positivas induzidas pode ter acreditado mais na sessão chamada de “BRIC” do que o grupo com instruções neutras. Isso pode ser um efeito da manipulação de instruções. Outro efeito relacionado a manipulação de instruções positivas no estudo 2 foi relacionado com o estado de fadiga. O grupo com instruções positivas induzidas apresentou menor fadiga do que o grupo com instruções neutras. Além disso, o estudo 2 mostrou que ambos os grupos

diminuíram a excitação emocional após a sessão de biofeedback cardiorrespiratório, o que se relacionou com a descentralização emocional interna.

Os dois estudos puderam mostrar diferentes resultados quanto a manipulação placebo com a técnica de biofeedback cardiorrespiratório mas ambos puderam mostrar efeitos em relação ao aumento da modulação do nervo vago. Os dois estudos mostram que existiu influência placebo de crença no biofeedback mas que independente da crença ocorreram mudanças psicofisiológicas significativas e o biofeedback cardiorrespiratório foi eficiente para aumentar índices relacionados com a maior modulação autônoma.

6. CONCLUSÃO GERAL

Os dois estudos mostraram que o biofeedback cardiorrespiratório utilizado nesta tese foi eficiente para influir em índices indiretos do sistema nervoso autônomo, sugerindo aumento da modulação vagal em uma única sessão. O efeito de aumento da modulação vagal com o biofeedback cardiorrespiratório também ocorreu para a manipulação placebo de feedback (estudo1) e para os dois grupos de manipulação de instruções (estudo2), ma sugere-se sutis evidências quanto a melhor eficácia da técnica de biofeedback cardiorrespiratório quando o feedback é real.

Os índices da análise não linear da VFC puderam sugerir a interação simpática e parassimpática do SNA e modulação vagal com a intervenção do biofeedback cardiorrespiratório. Os índices não lineares contribuíram na discussão do seu significado fisiológico e comportamental para o biofeedback cardiorrespiratório. Contudo, a análise não linear ainda necessita mais investigações associadas ao biofeedback cardiorrespiratório.

É possível também mostrar que o biofeedback cardiorrespiratório com manipulação de instruções influenciou no processamento de erro e de conflito no cérebro, mas isso não se associou com a performance cognitiva. O grupo com instruções positivas mostrou menor detecção de erro na tarefa e maior monitoramento para implementação de atenção em tarefa de conflito emocional.

Os dois estudos mostraram que a manipulação de características placebo na técnica de biofeedback cardiorrespiratório apresentaram efeitos nos estados psicofisiológicos e emocionais. Sugere-se que acreditar no tipo do feedback e no tipo de instrução do biofeedback cardiorrespiratório é um fator importante para influir em estados psicofisiológicos e emocionais.

É importante aqui considerar que os dois estudos apresentaram limitações e que os resultados encontrados nesta tese se devem a esta manipulação experimental específica realizada. O estudo 1 teve como principal limitação a pouca investigação do estado emocional dos participantes. Além disso, no estudo 1 não foi realizado o controle da porcentagem de feedback placebo apresentado com aumento da coerência cardíaca, e a porcentagem de feedback placebo apresentado com diminuição da coerência cardíaca.

A principal limitação do estudo 2 se relaciona a dificuldade de concluir que os efeitos observados nos ERPs são realmente relacionados

com a manipulação do afeto (instruções positivas e neutras) e não somente é um resultado da cognição, o que isso também se discute na literatura. É ainda difícil saber se o ERN reflete uma resposta emocional negativa a erros ou se essa resposta emocional negativa é apenas um epifenômeno do conflito e da monitorização do erro. Outro aspecto de limitação do estudo 2 é que não foi realizada a sessão com feedback placebo, assim como no estudo 1. O feedback apresentado aos participantes no estudo 2 foi somente real. E também não foi realizada a investigação dos ERPs antes da manipulação de instruções do biofeedback cardiorrespiratório. Estas escolhas metodológicas podem ser consideradas como certa limitação, mas foram optadas devido ao tempo que o experimento poderia levar. Para que isso fosse realizado o experimento deveria ocorrer em mais fases e com maior tempo.

Os dois estudos utilizaram a técnica de biofeedback cardiorrespiratório em uma única sessão de investigação, com efeito agudo. Por um lado isso possibilitou investigar o biofeedback cardiorrespiratório como uma técnica que pode ser utilizada como uma forma de estratégia em momentos de estresse e desafio no dia a dia, e não somente como um programa de intervenção em longo prazo. Por outro lado, uma única sessão pode se limitar ao fato dos participantes não entenderem ao certo como realizar a respiração controlada e aumentar a coerência cardíaca, e pode implicar na hiper-ventilação cardiorrespiratória. Isso foi um risco que poderia ocorrer com uma única sessão e não se sabe se os participantes hiper ventilaram ou não. Mas por meio dos resultados obtidos infere-se que os participantes tiveram mais benefícios com a sessão de biofeedback do que malefícios.

Sugere-se ainda com esta tese que sejam realizados outros estudos que investiguem o biofeedback cardiorrespiratório em efeito agudo, a fim de possibilitar mais evidências quanto a técnica e seus possíveis efeitos em uma única sessão. Isso facilitará o desenvolvimento de outros protocolos capazes de serem utilizados em momentos de desafio e estresse do dia a dia, sem que necessite realizar um programa de longo prazo para se beneficiar da técnica. Além disso, a manipulação experimental é relevante para compreender as diferentes características que podem influir no biofeedback cardiorrespiratório e como isso pode impactar nos efeitos psicofisiológicos. Como exemplo, sugerem-se mais estudos visando verificar índices da VFC que possam prever o treino ideal para influenciar na saúde e em curto tempo de duração; ou protocolos eficientes de curta duração para aumentar a modulação vagal por meio do biofeedback cardiorrespiratório via tecnologias que todas pessoas possam ter acesso como o celular.

Estudo sobre a compreensão de como o cérebro pode processar informações após o biofeedback cardiorrespiratório também pode ser um importante fator a ser mais explorado no âmbito acadêmico.

Assim, esta tese pode contribuir na compreensão de aspectos psicofisiológicos relacionados ao biofeedback cardiorrespiratório, sua relação com crença e seu impacto em estados emocionais.

7. REFERÊNCIAS

- Abtahi, F., Berndtsson, A., Abtahi, S., Seoane, F., & Lindecrantz, K. (2014). Development and preliminary evaluation of an Android based heart rate variability biofeedback system. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2014*, 3382-3385. doi: 10.1109/EMBC.2014.6944348
- Aftanas, L. I., & Golocheikine, S. A. (2002). Non-linear dynamic complexity of the human EEG during meditation. *Neurosci Lett, 330*(2), 143-146.
- Agelink, M. W., Malessa, R., Baumann, B., Majewski, T., Akila, F., Zeit, T., & Ziegler, D. (2001). Standardized tests of heart rate variability: normal ranges obtained from 309 healthy humans, and effects of age, gender, and heart rate. *Clin Auton Res, 11*(2), 99-108.
- Ahmed, M. U., Begum, S., Funk, P., Xiong, N., & von Scheele, B. (2011). A multi-module case-based biofeedback system for stress treatment. *Artificial Intelligence in Medicine, 51*(2), 107-115. doi: DOI 10.1016/j.artmed.2010.09.003
- Ahs, F., Sollers, J. J., 3rd, Furmark, T., Fredrikson, M., & Thayer, J. F. (2009). High-frequency heart rate variability and cortico-striatal activity in men and women with social phobia. *Neuroimage, 47*(3), 815-820. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.05.091
- Akar, S. A., Kara, S., Latifoglu, F., & Bilgic, V. (2015). Analysis of heart rate variability during auditory stimulation periods in patients with schizophrenia. *J Clin Monit Comput, 29*(1), 153-162. doi: 10.1007/s10877-014-9580-8
- Aktaruzzaman, M., & Sassi, R. (2014). Parametric estimation of sample entropy in heart rate variability analysis. *Biomedical Signal Processing and Control, 14*, 141-147. doi: DOI 10.1016/j.bspc.2014.07.011
- Alderman, B. L., & Olson, R. L. (2014). The relation of aerobic fitness to cognitive control and heart rate variability: a neurovisceral integration study. *Biol Psychol, 99*, 26-33. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.02.007
- Allen, B., Jennings, J. R., Gianaros, P. J., Thayer, J. F., & Manuck, S. B. (2015). Resting high-frequency heart rate variability is related to resting brain perfusion. *Psychophysiology, 52*(2), 277-287. doi: 10.1111/psyp.12321

- Amodio, D. M., Master, S. L., Yee, C. M., & Taylor, S. E. (2008). Neurocognitive components of the behavioral inhibition and activation systems: implications for theories of self-regulation. *Psychophysiology*, 45(1), 11-19. doi: 10.1111/j.1469-8986.2007.00609.x
- Arch, J. J., & Craske, M. G. (2006). Mechanisms of mindfulness: emotion regulation following a focused breathing induction. *Behav Res Ther*, 44(12), 1849-1858. doi: 10.1016/j.brat.2005.12.007
- Austin, M. A., Riniolo, T. C., & Porges, S. W. (2007). Borderline personality disorder and emotion regulation: insights from the Polyvagal Theory. *Brain Cogn*, 65(1), 69-76. doi: 10.1016/j.bandc.2006.05.007
- Badgaiyan, R. D., & Posner, M. I. (1998). Mapping the cingulate cortex in response selection and monitoring. *Neuroimage*, 7(3), 255-260. doi: 10.1006/nimg.1998.0326
- Barefoot, J. C., & Straub, R. B. (1971). Opportunity for Information Search and the Effect of false heart-rate feedback. *Journal of Personality and Social Psychology*, 17(2), 154-157.
- Bartholow, B. D., Pearson, M. A., Dickter, C. L., Sher, K. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2005). Strategic control and medial frontal negativity: beyond errors and response conflict. *Psychophysiology*, 42(1), 33-42. doi: 10.1111/j.1469-8986.2005.00258.x
- Beckers, F., Verheyden, B., & Aubert, A. E. (2006). Aging and nonlinear heart rate control in a healthy population. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 290(6), H2560-2570. doi: 10.1152/ajpheart.00903.2005
- Bennett, D. H., Holmes, D. S., & Frost, R. O. (1978). Effects of Instructions, Biofeedback, Reward, and Cognitive Mediation on the Control of Heart-Rate and the Application of That Control in a Stressful Situation. *Journal of Research in Personality*, 12(4), 416-430. doi: Doi 10.1016/0092-6566(78)90068-5
- Berger, H. (1929). Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. *Arch. Psychiatr. Nervenkr*, 87(527-570).
- Berger, H. (1932). Über das Elektroenzephalogramm des Menschen. *Mittlg.Arch.Psychiatr. Nervenkr*, 98, 231-254.
- Berntson, G. G., Bigger, J. T. J., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., . . . van der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.

- Bishop, S., Duncan, J., Brett, M., & Lawrence, A. D. (2004). Prefrontal cortical function and anxiety: controlling attention to threat-related stimuli. *Nat Neurosci*, 7(2), 184-188. doi: 10.1038/nn1173
- Blankertz, B., Lemm, S., Treder, M., Haufe, S., & Muller, K. R. (2011). Single-trial analysis and classification of ERP components--a tutorial. *Neuroimage*, 56(2), 814-825. doi: 10.1016/j.neuroimage.2010.06.048
- Boot, W. R., Simons, D. J., Stothart, C., & Stutts, C. (2013). The Pervasive Problem With Placebos in Psychology: Why Active Control Groups Are Not Sufficient to Rule Out Placebo Effects. *Perspectives on Psychological Science*, 8(4), 445-454. doi: 10.1177/1745691613491271
- Botvinick, M. M., Braver, T. S., Barch, D. M., Carter, C. S., & Cohen, J. D. (2001). Conflict monitoring and cognitive control. *Psychol Rev*, 108(3), 624-652.
- Briggs, K. E., & Martin, F. H. (2009). Affective picture processing and motivational relevance: arousal and valence effects on ERPs in an oddball task. *Int J Psychophysiol*, 72(3), 299-306. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2009.01.009
- Broderick, P. C. (2005). Mindfulness and coping with dysphoric mood: contrasts with rumination and distraction. *Cognitive Therapy and Research*, 29(5), 501 - 510.
- Brown, B. B. (1969). Feedback systems for awareness and control of one's own physiologic activity. New concepts for pharmacology? *Proc West Pharmacol Soc*, 12, 13-15.
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn Sci*, 4(6), 215-222.
- Capuana, L. J., Dywan, J., Tays, W. J., & Segalowitz, S. J. (2012). Cardiac workload and inhibitory control in younger and older adults. *Biol Psychol*, 90(1), 60-70. doi: 10.1016/j.biopsycho.2012.02.018
- Carlson, N. R. (2002). *Fisiologia do Comportamento*. . São Paulo: Manole.
- Caro-Moran, E., Fernandez-Lao, C., Galiano-Castillo, N., Cantarero-Villanueva, I., Arroyo-Morales, M., & Diaz-Rodriguez, L. (2015). Heart Rate Variability in Breast Cancer Survivors After the First Year of Treatments: A Case-Controlled Study. *Biol Res Nurs*. doi: 10.1177/1099800414568100

- Carretie, L., Martin-Loeches, M., Hinojosa, J. A., & Mercado, F. (2001). Emotion and attention interaction studied through event-related potentials. *J Cogn Neurosci*, 13(8), 1109-1128. doi: 10.1162/089892901753294400
- Carroll, N. C., & Young, A. W. (2005). Priming of emotion recognition. *Q J Exp Psychol A*, 58(7), 1173-1197. doi: 10.1080/02724980443000539
- Cechetto, D. F., & Shoemaker, J. K. (2009). Functional neuroanatomy of autonomic regulation. *Neuroimage*, 47(3), 795-803. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.05.024
- Chambless, D. L., Caputo, G. C., Bright, P., & Gallagher, R. (1984). Assessment of fear of fear in agoraphobics: the body sensations questionnaire and the agoraphobic cognitions questionnaire. *J Consult Clin Psychol*, 52(6), 1090-1097.
- Chen, F. C., Tsai, C. L., Biltz, G. R., Stoffregen, T. A., & Wade, M. G. (2015). Variations in cognitive demand affect heart rate in typically developing children and children at risk for developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil*, 38C, 362-371. doi: 10.1016/j.ridd.2014.12.002
- Chiu, P. H., & Deldin, P. J. (2007). Neural evidence for enhanced error detection in major depressive disorder. *Am J Psychiatry*, 164(4), 608-616. doi: 10.1176/appi.ajp.164.4.608
- Clore, G. L., & Huntsinger, J. R. (2007). How emotions inform judgment and regulate thought. *Trends Cogn Sci*, 11(9), 393-399. doi: 10.1016/j.tics.2007.08.005
- Coderre, E., Conklin, K., & van Heuven, W. J. (2011). Electrophysiological measures of conflict detection and resolution in the Stroop task. *Brain Res*, 1413, 51-59. doi: 10.1016/j.brainres.2011.07.017
- Coles, M. G. H., Scheffers, M. K., & Holroyd, C. B. (2001). Why is there an ERN/Ne on correct trials? Response representations, stimulus-related components, and the theory of error-processing. *Biol Psychol*, 56(3), 173-189. doi: 10.1016/S0301-0511(01)00076-X
- Cook, D. A., & Beckman, T. J. (2006). Current concepts in validity and reliability for psychometric instruments: theory and application. *Am J Med*, 119(2), 166 e167-116. doi: 10.1016/j.amjmed.2005.10.036
- Courtney, R., Cohen, M., & van Dixhoorn, J. (2011). Relationship between dysfunctional breathing patterns and ability to achieve

- target heart rate variability with features of "coherence" during biofeedback. *Altern Ther Health Med*, 17(3), 38-44.
- Cowan, M. J., Kogan, H., Burr, R., Hendershot, S., & Buchanan, L. (1990). Power spectral analysis of heart rate variability after biofeedback training. *J Electrocardiol*, 23 Suppl, 85-94.
- Critelli, J. W., & Neumann, K. F. (1984). The placebo. Conceptual analysis of a construct in transition. *Am Psychol*, 39(1), 32-39.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report. *Biol Psychol*, 52(2), 95-111.
- De Jonckheere, J., Ibarissene, I., Flocteil, M., & Logier, R. (2014). A smartphone based cardiac coherence biofeedback system. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2014, 4791-4794. doi: 10.1109/EMBC.2014.6944695
- De Jonckheere, J., Rommel, D., Nandrino, J. L., Jeanne, M., & Logier, R. (2012). Heart rate variability analysis as an index of emotion regulation processes: interest of the Analgesia Nociception Index (ANI). *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2012, 3432-3435. doi: 10.1109/EMBC.2012.6346703
- De Pascalis, V., Palumbo, G., & Ronchitelli, V. (1991). Heartbeat perception, instructions, and biofeedback in the control of heart rate. *Int J Psychophysiol*, 11(2), 179-193.
- Del Pozo, J. M., Gevirtz, R. N., Scher, B., & Guarneri, E. (2004). Biofeedback treatment increases heart rate variability in patients with known coronary artery disease. *Am Heart J*, 147(3), E11. doi: 10.1016/j.ahj.2003.08.013
- Delorme, A., Miyakoshi, M., Jung, T. P., & Makeig, S. (2014). Grand average ERP-image plotting and statistics: A method for comparing variability in event-related single-trial EEG activities across subjects and conditions. *J Neurosci Methods*. doi: 10.1016/j.jneumeth.2014.10.003
- Di Simplicio, M., Costoloni, G., Western, D., Hanson, B., Taggart, P., & Harmer, C. J. (2012). Decreased heart rate variability during emotion regulation in subjects at risk for psychopathology. *Psychol Med*, 42(8), 1775-1783. doi: 10.1017/S0033291711002479
- Dietrich, A., Rosmalen, J. G., Althaus, M., van Roon, A. M., Mulder, L. J., Minderaa, R. B., . . . Riese, H. (2010). Reproducibility of heart rate variability and baroreflex sensitivity measurements in

- children. *Biol Psychol*, 85(1), 71-78. doi: 10.1016/j.biopsycho.2010.05.005
- Donders, F. C. (1969). On the speed of mental processes. *Acta Psychol (Amst)*, 30((Original work published 1868)), 412- 431.
- Donkers, F. C., & van Boxtel, G. J. (2004). The N2 in go/no-go tasks reflects conflict monitoring not response inhibition. *Brain Cogn*, 56(2), 165-176. doi: 10.1016/j.bandc.2004.04.005
- Druschky, K., & Druschky, A. (2014). Mobile biofeedback of heart rate variability in patients with diabetic polyneuropathy: a preliminary study. *Clin Physiol Funct Imaging*. doi: 10.1111/cpf.12130
- Duncan, C. C., Barry, R. J., Connolly, J. F., Fischer, C., Michie, P. T., Naatanen, R., . . . Van Petten, C. (2009). Event-related potentials in clinical research: guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400. *Clin Neurophysiol*, 120(11), 1883-1908. doi: 10.1016/j.clinph.2009.07.045
- Eddie, D., Kim, C., Lehrer, P., Deneke, E., & Bates, M. E. (2014). A pilot study of brief heart rate variability biofeedback to reduce craving in young adult men receiving inpatient treatment for substance use disorders. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 39(3-4), 181-192. doi: 10.1007/s10484-014-9251-z
- Egner, T., Etkin, A., Gale, S., & Hirsch, J. (2008). Dissociable neural systems resolve conflict from emotional versus nonemotional distracters. *Cereb Cortex*, 18(6), 1475-1484. doi: 10.1093/cercor/bhm179
- Essner, A., Sjoström, R., Ahlgren, E., Gustas, P., Edge-Hughes, L., Zetterberg, L., & Hellström, K. (2015). Comparison of Polar(R) RS800CX heart rate monitor and electrocardiogram for measuring inter-beat intervals in healthy dogs. *Physiol Behav*, 138, 247-253. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.10.034
- Etkin, A., Egner, T., Peraza, D. M., Kandel, E. R., & Hirsch, J. (2006). Resolving emotional conflict: a role for the rostral anterior cingulate cortex in modulating activity in the amygdala. *Neuron*, 51(6), 871-882. doi: 10.1016/j.neuron.2006.07.029
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J., & Blanke, L. (1991). Effects of crossmodal divided attention on late ERP components. II. Error processing in choice reaction tasks. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 78(6), 447-455.

- Falkenstein, M., Hoormann, J., Christ, S., & Hohnsbein, J. (2000). ERP components on reaction errors and their functional significance: a tutorial. *Biol Psychol*, 51(2-3), 87-107.
- Ferrier, D. E., Bassett, H. H., & Denham, S. A. (2014). Relations between executive function and emotionality in preschoolers: Exploring a transitive cognition-emotion linkage. *Front Psychol*, 5, 487. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00487
- Friedman, B. H. (2007). An autonomic flexibility-neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. *Biol Psychol*, 74(2), 185-199. doi: 10.1016/j.biopsycho.2005.08.009
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998a). Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach. *Biol Psychol*, 49(3), 303-323.
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998b). Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach. *Biol Psychol*, 47(3), 243-263.
- Friedman, B. H., & Thayer, J. F. (1998c). Autonomic balance revisited: panic anxiety and heart rate variability. *J Psychosom Res*, 44(1), 133-151.
- Frondelius, L., Jarvenranta, K., Koponen, T., & Mononen, J. (2015). The effects of body posture and temperament on heart rate variability in dairy cows. *Physiol Behav*, 139, 437-441. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.12.002
- Fullerton, J. T. (1993). Evaluation of research studies. Part IV: Validity and reliability--concepts and application. *J Nurse Midwifery*, 38(2), 121-125.
- Gaebler, M., Daniels, J. K., Lamke, J. P., Fydrich, T., & Walter, H. (2013). Heart rate variability and its neural correlates during emotional face processing in social anxiety disorder. *Biol Psychol*, 94(2), 319-330. doi: DOI 10.1016/j.biopsycho.2013.06.009
- Gayl, P., & Roderick, A. (1982). Heart rate decrease: a comparison of feedback modalities and biofeedback with other procedures. . *Biological Psychology*, 14, 245-251.
- Gayl, P., & Roderick, A. (1982). Heart rate decrease: a comparison of feedback modalities and biofeedback with other procedures. *Biological Psychology*., 14, 245-251.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A Neural System for Error-Detection and Compensation. *Psychol Sci*, 4(6), 385-390. doi: DOI 10.1111/j.1467-9280.1993.tb00586.x

- Gehring, W. J., & Knight, R. T. (2000). Prefrontal-cingulate interactions in action monitoring. *Nat Neurosci*, 3(5), 516-520. doi: 10.1038/74899
- Giardino, N. D., Chan, L., & Borson, S. (2004). Combined heart rate variability and pulse oximetry biofeedback for chronic obstructive pulmonary disease: preliminary findings. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 29(2), 121-133.
- Ginsberg, J. P., Berry, M. E., & Powell, D. A. (2010a). Cardiac Coherence and Posttraumatic Stress Disorder in Combat Veterans. *Altern Ther Health Med*, 16(4), 52-60.
- Ginsberg, J. P., Berry, M. E., & Powell, D. A. (2010b). Cardiac coherence and posttraumatic stress disorder in combat veterans. *Altern Ther Health Med*, 16(4), 52-60.
- Gootjes, L., Coppens, L. C., Zwaan, R. A., Franken, I. H., & Van Strien, J. W. (2011). Effects of recent word exposure on emotion-word Stroop interference: an ERP study. *Int J Psychophysiol*, 79(3), 356-363. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2010.12.003
- Gosling, S. D., Rentfrow, P. J., & Swann, W. B. (2003). A very brief measure of the Big-Five personality domains. *Journal of Research in Personality*, 37(6), 504-528. doi: Doi 10.1016/S0092-6566(03)00046-1
- Grasso, D. J., Cohen, L. H., Moser, J. S., Hajcak, G., Foa, E. B., & Simons, R. F. (2012). Seeing the silver lining: potential benefits of trauma exposure in college students. *Anxiety Stress Coping*, 25(2), 117-136. doi: 10.1080/10615806.2011.561922
- Guay, F., Vallerand, R. J., & Blanchard, C. (2000). On the assessment of situational intrinsic and extrinsic motivation: The Situational Motivation Scale (SIMS). *Motivation and Emotion*, 24(3), 175-213. doi: Doi 10.1023/A:1005614228250
- Gudmundsson, S., Runarsson, T. P., & Sigurdsson, S. (2012). Test-retest reliability and feature selection in physiological time series classification. *Comput Methods Programs Biomed*, 105(1), 50-60. doi: 10.1016/j.cmpb.2010.08.005
- Guijt, A. M., Sluiter, J. K., & Frings-Dresen, M. H. (2007). Test-retest reliability of heart rate variability and respiration rate at rest and during light physical activity in normal subjects. *Arch Med Res*, 38(1), 113-120. doi: 10.1016/j.arcmed.2006.07.009
- Hajcak, G., McDonald, N., & Simons, R. F. (2004). Error-related psychophysiology and negative affect. *Brain Cogn*, 56(2), 189-197. doi: 10.1016/j.bandc.2003.11.001

- Hallman, D. M., Srinivasan, D., & Mathiassen, S. E. (2014). Short- and long-term reliability of heart rate variability indices during repetitive low-force work. *Eur J Appl Physiol*. doi: 10.1007/s00421-014-3066-8
- Hassett, A. L., Radvanski, D. C., Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., Sigal, L. H., Karavidas, M. K., . . . Lehrer, P. M. (2007). A pilot study of the efficacy of heart rate variability (HRV) biofeedback in patients with fibromyalgia. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32(1), 1-10. doi: 10.1007/s10484-006-9028-0
- Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). *Eur Heart J*, 17(3), 354-381.
- Holmes, B., Fang, X., Zarate, A., Keidar, M., & Zhang, L. G. (2016). Enhanced human bone marrow mesenchymal stem cell chondrogenic differentiation in electrospun constructs with carbon nanomaterials. IN PRESS. *CARBON*, 97, 1-13.
- Holroyd, C. B., Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2003). Errors in reward prediction are reflected in the event-related brain potential. *Neuroreport*, 14(18), 2481-2484. doi: 10.1097/01.wnr.0000099601.41403.a5
- Hrobjartsson, A., & Gotzsche, P. C. (2001). Is the placebo powerless? An analysis of clinical trials comparing placebo with no treatment. *N Engl J Med*, 344(21), 1594-1602. doi: 10.1056/NEJM200105243442106
- Hughes, H., Brown, B. W., Lawlis, G. F., & Fulton, J. E., Jr. (1983). Treatment of acne vulgaris by biofeedback relaxation and cognitive imagery. *J Psychosom Res*, 27(3), 185-191.
- Hunyor, S. N., Henderson, R. J., Lal, S. K., Carter, N. L., Kobler, H., Jones, M., . . . Mihailidou, A. S. (1997). Placebo-controlled biofeedback blood pressure effect in hypertensive humans. *Hypertension*, 29(6), 1225-1231.
- Iannaccone, R., Hauser, T. U., Staempfli, P., Walitza, S., Brandeis, D., & Brem, S. (2015). Conflict monitoring and error processing: New insights from simultaneous EEG-fMRI. *Neuroimage*, 105, 395-407. doi: 10.1016/j.neuroimage.2014.10.028
- Inzlicht, M., & Al-Khindi, T. (2012). ERN and the placebo: a misattribution approach to studying the arousal properties of the error-related negativity. *J Exp Psychol Gen*, 141(4), 799-807. doi: 10.1037/a0027586

- Jacomini, L. C. L., & Silva, N. A. (2007). Disautonomia: um conceito emergente na síndrome da fibromialgia. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 47(5).
- James, G. D., Bovbjerg, D. H., & Hill, L. A. (2015). Daily environmental differences in blood pressure and heart rate variability in healthy premenopausal women. *Am J Hum Biol*, 27(1), 136-138. doi: 10.1002/ajhb.22609
- Jarrin, D. C., McGrath, J. J., Poirier, P., Seguin, L., Tremblay, R. E., Montplaisir, J. Y., . . . Seguin, J. R. (2015). Short-term heart rate variability in a population-based sample of 10-year-old children. *Pediatr Cardiol*, 36(1), 41-48. doi: 10.1007/s00246-014-0962-y
- Jeppesen, J., Beniczky, S., Johansen, P., Sidenius, P., & Fuglsang-Frederiksen, A. (2015). Detection of epileptic seizures with a modified heart rate variability algorithm based on Lorenz plot. *Seizure*, 24, 1-7. doi: 10.1016/j.seizure.2014.11.004
- Johnson, J. K., Lui, L. Y., & Yaffe, K. (2007). Executive function, more than global cognition, predicts functional decline and mortality in elderly women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(10), 1134-1141.
- Joseph, R. M., McGrath, L. M., & Tager-Flusberg, H. (2005). Executive dysfunction and its relation to language ability in verbal school-age children with autism. *Dev Neuropsychol*, 27(3), 361-378. doi: 10.1207/s15326942dn2703_4
- Kamiya, A., Kawada, T., Mizuno, M., Miyamoto, T., Uemura, K., Seki, K., . . . Sugimachi, M. (2006). Baroreflex increases correlation and coherence of muscle sympathetic nerve activity (SNA) with renal and cardiac SNAs. *J Physiol Sci*, 56(5), 325-333. doi: 10.2170/physiolsci.RP009006
- Karavidas, M., Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2005). Heart rate variability (HRV) biofeedback in the treatment of major depressive disorder (MDD). *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 30(4), 409-409.
- Karavidas, M., Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2007). Preliminary results of an uncontrolled 10-week heart rate variability (HRV) biofeedback treatment of major depressive disorder (MDD). *Biol Psychol*, 75(2), 212-212.
- Karavidas, M. K., Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Marin, H., Buyske, S., . . . Hassett, A. (2007). Preliminary results of an open label study of heart rate variability biofeedback for the

- treatment of major depression. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32(1), 19-30. doi: 10.1007/s10484-006-9029-z
- Katahira, K., Fujimura, T., Matsuda, Y. T., Okanoya, K., & Okada, M. (2014). Individual differences in heart rate variability are associated with the avoidance of negative emotional events. *Biol Psychol*, 103, 322-331. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.10.007
- Kenney, M. J., & Ganta, C. K. (2014). Autonomic nervous system and immune system interactions. *Compr Physiol*, 4(3), 1177-1200. doi: 10.1002/cphy.c130051
- Kiehl, K. A., Liddle, P. F., & Hopfinger, J. B. (2000). Error processing and the rostral anterior cingulate: an event-related fMRI study. *Psychophysiology*, 37(2), 216-223.
- Kim, D. K., Lee, K. M., Kim, J., Whang, M. C., & Kang, S. W. (2013). Dynamic correlations between heart and brain rhythm during Autogenic meditation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7. doi: Artn 414
- Doi 10.3389/Fnhum.2013.00414
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger, J. T. J. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 10(1), 88-101. doi: 10.1111/j.1542-474X.2005.10101.x
- Kogan, A. V., Allen, J. J., & Weihs, K. L. (2012). Cardiac vagal control as a prospective predictor of anxiety in women diagnosed with breast cancer. *Biol Psychol*, 90(1), 105-111. doi: 10.1016/j.biopsycho.2012.02.019
- Koskinen, T., Kahonen, M., Jula, A., Laitinen, T., Keltikangas-Jarvinen, L., Viikari, J., . . . Raitakari, O. T. (2009). Short-term heart rate variability in healthy young adults: the Cardiovascular Risk in Young Finns Study. *Auton Neurosci*, 145(1-2), 81-88. doi: 10.1016/j.autneu.2008.10.011
- Kovacs, L., Tozser, J., Kezer, F. L., Ruff, F., Aubin-Wodala, M., Albert, E., . . . Szenci, O. (2015). Heart rate and heart rate variability in multiparous dairy cows with unassisted calvings in the periparturient period. *Physiol Behav*, 139, 281-289. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.11.039
- Kranitz, L., Eckberg, D., Vaschillo, E., Lehrer, P., Lu, S. E., & Kuusela, T. (2002). RSA biofeedback provides information about cardiovascular system resonance. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 27(4), 320-320.

- Kubota, Y., Sato, W., Toichi, M., Murai, T., Okada, T., Hayashi, A., & Sengoku, A. (2001). Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. *Brain Res Cogn Brain Res*, 11(2), 281-287.
- Laborde, S., Furley, P., & Schempp, C. (2015). The relationship between working memory, reinvestment, and heart rate variability. *Physiol Behav*, 139, 430-436. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.11.036
- Laborde, S., Lautenbach, F., & Allen, M. S. (2015). The contribution of coping-related variables and heart rate variability to visual search performance under pressure. *Physiol Behav*, 139, 532-540. doi: 10.1016/j.physbeh.2014.12.003
- Lagopoulos, J., Xu, J., Rasmussen, I., Vik, A., Malhi, G. S., Eliassen, C. F., . . . Ellingsen, O. (2009). Increased theta and alpha EEG activity during nondirective meditation. *J Altern Complement Med*, 15(11), 1187-1192. doi: 10.1089/acm.2009.0113
- Lamers, M. J., & Roelofs, A. (2011). Attention and gaze shifting in dual-task and go/no-go performance with vocal responding. *Acta Psychol (Amst)*, 137(3), 261-268. doi: 10.1016/j.actpsy.2010.12.005
- Lane, R. D., McRae, K., Reiman, E. M., Chen, K., Ahern, G. L., & Thayer, J. F. (2009). Neural correlates of heart rate variability during emotion. *Neuroimage*, 44(1), 213-222. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.07.056
- Larson, M. J., Clayson, P. E., & Clawson, A. (2014). Making sense of all the conflict: a theoretical review and critique of conflict-related ERPs. *Int J Psychophysiol*, 93(3), 283-297. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2014.06.007
- Larson, M. J., Gray, A. C., Clayson, P. E., Jones, R., & Kirwan, C. B. (2013). What are the influences of orthogonally-manipulated valence and arousal on performance monitoring processes? The effects of affective state. *Int J Psychophysiol*, 87(3), 327-339. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2013.01.005
- Larson, M. J., Kaufman, D. A., & Perlstein, W. M. (2009). Neural time course of conflict adaptation effects on the Stroop task. *Neuropsychologia*, 47(3), 663-670. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.11.013
- Larson, M. J., South, M., Clayson, P. E., & Clawson, A. (2012). Cognitive control and conflict adaptation in youth with high-

- functioning autism. *J Child Psychol Psychiatry*, 53(4), 440-448. doi: 10.1111/j.1469-7610.2011.02498.x
- Lazarov, A., Dar, R., Oded, Y., & Liberman, N. (2010). Are obsessive-compulsive tendencies related to reliance on external proxies for internal states? Evidence from biofeedback-aided relaxation studies. *Behav Res Ther*, 48(6), 516-523. doi: 10.1016/j.brat.2010.02.007
- Lee, S., Kim, H., Kim, D. H., Yum, M., & Son, M. (2015). Heart rate variability in male shift workers in automobile manufacturing factories in South Korea. *Int Arch Occup Environ Health*. doi: 10.1007/s00420-014-1016-8
- Lee, Y. H., Shiah, Y. J., Chen, S. C., Wang, S. F., Young, M. S., & Lin, C. L. (2015). Improved emotional stability in experienced meditators with concentrative meditation based on electroencephalography and heart rate variability. *J Altern Complement Med*, 21(1), 31-39. doi: 10.1089/acm.2013.0465
- Lehrer, F., Vaschillo, E., Lu, S. E., Eckberg, D., Vaschillo, B., Scardella, A., & Habib, R. (2006). Heart rate variability biofeedback - Effects of age on heart rate variability, baroreflex gain, and asthma. *Chest*, 129(2), 278-284.
- Lehrer, P., Karavidas, M. K., Lu, S. E., Coyle, S. M., Oikawa, L. O., Macor, M., . . . Lowry, S. F. (2010). Voluntarily produced increases in heart rate variability modulate autonomic effects of endotoxin induced systemic inflammation: an exploratory study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 35(4), 303-315. doi: 10.1007/s10484-010-9139-5
- Lehrer, P., Smetankin, A., & Potapova, T. (2000). Respiratory sinus arrhythmia biofeedback therapy for asthma: a report of 20 unmedicated pediatric cases using the Smetankin method. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 25(3), 193-200.
- Lehrer, P., Vaschillo, E., Lu, S. E., Eckberg, D., Vaschillo, B., Scardella, A., & Habib, R. (2006). Heart rate variability biofeedback: effects of age on heart rate variability, baroreflex gain, and asthma. *Chest*, 129(2), 278-284. doi: 10.1378/chest.129.2.278
- Lehrer, P., Vaschillo, E., Trost, Z., & France, C. R. (2009). Effects of rhythmical muscle tension at 0.1Hz on cardiovascular resonance and the baroreflex. *Biol Psychol*, 81(1), 24-30. doi: 10.1016/j.biopsycho.2009.01.003
- Lehrer, P. M., & Vaschillo, E. (2003). Resonance in the baroreflex system assessed by biofeedback. *Biol Psychol*, 62(3), 229-229.

- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 25(3), 177-191.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S. E., Eckberg, D. L., Edelberg, R., . . . Hamer, R. M. (2003). Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosom Med*, 65(5), 796-805.
- Lehrer, P. M., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S. E., Scardella, A., Siddique, M., & Habib, R. H. (2004). Biofeedback treatment for asthma. *Chest*, 126(2), 352-361. doi: 10.1378/chest.126.2.352
- Lehrer., Karavidas, M. K., Lu, S. E., Coyle, S. M., Oikawa, L. O., Macor, M., . . . Lowry, S. F. (2010). Voluntarily produced increases in heart rate variability modulate autonomic effects of endotoxin induced systemic inflammation: an exploratory study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 35(4), 303-315. doi: 10.1007/s10484-010-9139-5
- Lehrer., Vaschillo, E., Lu, S. E., Eckberg, D., Vaschillo, B., Scardella, A., & Habib, R. (2006). Heart rate variability biofeedback - Effects of age on heart rate variability, baroreflex gain, and asthma. *Chest*, 129(2), 278-284.
- Lehrer., Vaschillo, E., Trost, Z., & France, C. R. (2009). Effects of rhythmical muscle tension at 0.1 Hz on cardiovascular resonance and the baroreflex. *Biol Psychol*, 81(1), 24-30. doi: DOI 10.1016/j.biopsycho.2009.01.003
- Lehrer., Vaschillo, E., & Vaschillo, B. (2000). Resonant frequency biofeedback training to increase cardiac variability: rationale and manual for training. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 25(3), 177-191.
- Lehrer., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Fisher, D. J., Udo, T., Mun, E. Y., . . . Bates, M. E. (2010). Psychological correlates of respiratory responses and their relationship to anxiety and drug/alcohol risk. *Biol Psychol*, 85(3), 515-515.
- Lehrer., Vaschillo, E., Vaschillo, B., Lu, S. E., Eckberg, D. L., Edelberg, R., . . . Hamer, R. M. (2003). Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosom Med*, 65(5), 796-805. doi: Doi 10.1097/01.Psy.0000089200.81962.19
- Lewis, M. J., & McNarry, M. A. (2015). Twenty-four hour variation in heart rate variability indices derived from fractional

- differentiation. *Clin Physiol Funct Imaging*, 35(1), 57-63.
doi: 10.1111/cpf.12126
- Li, Y., Wang, J., Li, J., & Liu, D. Z. (2015). Effect of extreme data loss on heart rate signals quantified by entropy analysis. *Physica a-Statistical Mechanics and Its Applications*, 419, 651-658. doi: DOI 10.1016/j.physa.2014.06.074
- Liang, C. S., Lee, J. F., Chen, C. C., & Chang, Y. C. (2015). Reactive heart rate variability in male patients with first-episode major depressive disorder. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*, 56, 52-57. doi: 10.1016/j.pnpbp.2014.08.004
- Liao, D., Barnes, R. W., Chambless, L. E., Simpson, R. J. J., Sorlie, P., & Heiss, G. (1995). Age, race, and sex differences in autonomic cardiac function measured by spectral analysis of heart rate variability--the ARIC study. Atherosclerosis Risk in Communities. *Am J Cardiol*, 76(12), 906-912.
- Liao, F., Garrison, D. W., & Jan, Y. K. (2010). Relationship between nonlinear properties of sacral skin blood flow oscillations and vasodilatory function in people at risk for pressure ulcers. *Microvasc Res*, 80(1), 44-53. doi: 10.1016/j.mvr.2010.03.009
- Lin, G., Xiang, Q., Fu, X., Wang, S., Wang, S., Chen, S., . . . Wang, T. (2012). Heart rate variability biofeedback decreases blood pressure in prehypertensive subjects by improving autonomic function and baroreflex. *J Altern Complement Med*, 18(2), 143-152. doi: 10.1089/acm.2010.0607
- Lin., Tai, L. Y., & Fan, S. Y. (2014). Breathing at a rate of 5.5 breaths per minute with equal inhalation-to-exhalation ratio increases heart rate variability. *International Journal of Psychophysiology*, 91(3), 206-211. doi: DOI 10.1016/j.ijpsycho.2013.12.006
- Lin., Xiang, Q., Fu, X., Wang, S., Wang, S., Chen, S., . . . Wang, T. (2012). Heart rate variability biofeedback decreases blood pressure in prehypertensive subjects by improving autonomic function and baroreflex. *J Altern Complement Med*, 18(2), 143-152. doi: 10.1089/acm.2010.0607
- Liotti, M., Woldorff, M. G., Perez, R., & Mayberg, H. S. (2000). An ERP study of the temporal course of the Stroop color-word interference effect. *Neuropsychologia*, 38(5), 701-711.
- Liston, C., Matalon, S., Hare, T. A., Davidson, M. C., & Casey, B. J. (2006). Anterior cingulate and posterior parietal cortices are sensitive to dissociable forms of conflict in a task-switching

- paradigm. *Neuron*, 50(4), 643-653. doi: 10.1016/j.neuron.2006.04.015
- Lombardo, C., & Violani, C. (1994). Feedback and autonomic awareness: the ability to discriminate the direction of spontaneous changes in peripheral body temperature. *Int J Psychophysiol*, 17(2), 145-151.
- Lopez, M. (2010). *Variabilidade da frequência cardíaca durante desempenho cognitivo: diferenças entre adultos e idosos*. . (Dissertação de Mestrado.), UNiversidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, Brasil.
- Lord, S. W., Senior, R. R., Das, M., Whittam, A. M., Murray, A., & McComb, J. M. (2001). Low-frequency heart rate variability: reproducibility in cardiac transplant recipients and normal subjects. *Clin Sci (Lond)*, 100(1), 43-46.
- Luck, S. J. (2005). *An Introduction to the Event-related Potential and Their Neural Origins*. In: *An introduction to the event-related potential technique*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Luft, C. B., Sanches, S. O., Mazo, G. Z., & Andrade, A. (2007). Versão brasileira da Escala de Estresse Percebido: tradução e validação para idosos. *Revista de Saúde Pública*, 41(4), 606-615.
- Mathews, A., & MacLeod, C. (1985). Selective processing of threat cues in anxiety states. *Behav Res Ther*, 23(5), 563-569.
- Matthews, S. C., Paulus, M. P., Simmons, A. N., Nelesen, R. A., & Dimsdale, J. E. (2004). Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function. *Neuroimage*, 22(3), 1151-1156. doi: 10.1016/j.neuroimage.2004.03.005
- Maunder, R. G., Lancee, W. J., Nolan, R. P., Hunter, J. J., & Tannenbaum, D. W. (2006). The relationship of attachment insecurity to subjective stress and autonomic function during standardized acute stress in healthy adults. *J Psychosom Res*, 60(3), 283-290. doi: 10.1016/j.jpsychores.2005.08.013
- McCraty, R., Atkinson, M., Tomasino, D., & Bradley, R. T. (2009). The coherent heart: Heart-brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integral Review*, 5(2), 10-115.
- McCraty, R., & Zayas, M. A. (2014). Cardiac coherence, self-regulation, autonomic stability, and psychosocial well-being. *Front Psychol*, 5, 1090. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01090
- Metzger, L. J., Orr, S. P., Lasko, N. B., McNally, R. J., & Pitman, R. K. (1997). Seeking the source of emotional Stroop interference

- effects in PTSD: a study of P3s to traumatic words. *Integr Physiol Behav Sci*, 32(1), 43-51.
- Mikosch, P., Hadrawa, T., Laubreiter, K., Brandl, J., Pilz, J., Stettner, H., & Grimm, G. (2010). Effectiveness of respiratory-sinus-arrhythmia biofeedback on state-anxiety in patients undergoing coronary angiography. *J Adv Nurs*, 66(5), 1101-1110. doi: 10.1111/j.1365-2648.2010.05277.x
- Miltner, W. H., Lemke, U., Weiss, T., Holroyd, C., Scheffers, M. K., & Coles, M. G. (2003). Implementation of error-processing in the human anterior cingulate cortex: a source analysis of the magnetic equivalent of the error-related negativity. *Biol Psychol*, 64(1-2), 157-166.
- Minzenberg, M. J., Laird, A. R., Thelen, S., Carter, C. S., & Glahn, D. C. (2009). Meta-analysis of 41 functional neuroimaging studies of executive function in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 66(8), 811-822. doi: 10.1001/archgenpsychiatry.2009.91
- Miyake, S., Yamada, S., Shoji, T., Takae, Y., Kuge, N., & Yamamura, T. (2009). Physiological responses to workload change. A test/retest examination. *Appl Ergon*, 40(6), 987-996. doi: 10.1016/j.apergo.2009.02.005
- Morris, M. C., Evans, L. D., Rao, U., & Garber, J. (2015). Executive function moderates the relation between coping and depressive symptoms. *Anxiety Stress Coping*, 28(1), 31-49. doi: 10.1080/10615806.2014.925545
- Mouro, L., Bouhaddi, M., Gandelin, E., Cappelle, S., Nguyen, N. U., Wolf, J. P., . . . Regnard, J. (2007). Conditions of autonomic reciprocal interplay versus autonomic co-activation: effects on non-linear heart rate dynamics. *Auton Neurosci*, 137(1-2), 27-36. doi: 10.1016/j.autneu.2007.06.284
- Mukherjee, S., Yadav, R., Yung, I., Zajdel, D. P., & Oken, B. S. (2011). Sensitivity to mental effort and test-retest reliability of heart rate variability measures in healthy seniors. *Clin Neurophysiol*, 122(10), 2059-2066. doi: 10.1016/j.clinph.2011.02.032
- Nakahara, H., Furuya, S., Obata, S., Masuko, T., & Kinoshita, H. (2009). Emotion-related changes in heart rate and its variability during performance and perception of music. *Ann N Y Acad Sci*, 1169, 359-362. doi: 10.1111/j.1749-6632.2009.04788.x
- Napadow, V., Dhond, R., Conti, G., Makris, N., Brown, E. N., & Barbieri, R. (2008). Brain correlates of autonomic modulation: combining heart rate variability with fMRI. *Neuroimage*, 42(1), 169-177. doi: 10.1016/j.neuroimage.2008.04.238

- Nelson, A. A., Jr. (1980). Research design: measurement, reliability, and validity. *Am J Hosp Pharm*, 37(6), 851-857.
- Nishimura, C., Wang, L. Q., Nagase, A., Terada, K., Miyamoto, Y., Tsukuma, H., & Muro, M. (2007). A learning model of autonomic function in biofeedback. *International Congress Series*, 119-122.
- Nolan, R. P., Kamath, M. V., Floras, J. S., Stanley, J., Pang, C., Picton, P., & Young, Q. R. (2005). Heart rate variability biofeedback as a behavioral neurocardiac intervention to enhance vagal heart rate control. *Am Heart J*, 149(6), 1137. doi: 10.1016/j.ahj.2005.03.015
- Novak, V., Saul, J. P., & Eckberg, D. L. (1997). Task Force report on heart rate variability. *Circulation*, 96(3), 1056-1057.
- Nunan, D., Sandercock, G. R., & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing Clin Electrophysiol*, 33(11), 1407-1417. doi: 10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x
- Nussinovitch, U., Cohen, O., Kaminer, K., Ilani, J., & Nussinovitch, N. (2012). Evaluating reliability of ultra-short ECG indices of heart rate variability in diabetes mellitus patients. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 26(5), 450-453. doi: DOI 10.1016/j.jdiacomp.2012.05.001
- O'Donnell, E., Landolt, K., Hazi, A., Dragano, N., & Wright, B. J. (2015). An experimental study of the job demand-control model with measures of heart rate variability and salivary alpha-amylase: Evidence of increased stress responses to increased break autonomy. *Psychoneuroendocrinology*, 51, 24-34. doi: 10.1016/j.psyneuen.2014.09.017
- Ohira, H., Ichikawa, N., Nomura, M., Isowa, T., Kimura, K., Kanayama, N., . . . Yamada, J. (2010). Brain and autonomic association accompanying stochastic decision-making. *Neuroimage*, 49(1), 1024-1037. doi: 10.1016/j.neuroimage.2009.07.060
- Olofsson, J. K., Nordin, S., Sequeira, H., & Polich, J. (2008). Affective picture processing: an integrative review of ERP findings. *Biol Psychol*, 77(3), 247-265. doi: 10.1016/j.biopsycho.2007.11.006
- Olvet, D. M., & Hajcak, G. (2008). The error-related negativity (ERN) and psychopathology: toward an endophenotype. *Clin Psychol Rev*, 28(8), 1343-1354. doi: 10.1016/j.cpr.2008.07.003
- Oostenveld, R., Fries, P., Maris, E., & Schoffelen, J. M. (2011). FieldTrip: Open source software for advanced analysis of

- MEG, EEG, and invasive electrophysiological data. *Comput Intell Neurosci*, 2011, 156869. doi: 10.1155/2011/156869
- Oslo, J. M., & Ross, M. (1988). False Feedback about Placebo Effectiveness: Consequences for the Misattribution of Speech Anxiety. *Journal of Experimental Social Psychology*, 24, 275-291.
- Overbeek, T. J., van Boxtel, A., & Westerink, J. H. (2012). Respiratory sinus arrhythmia responses to induced emotional states: effects of RSA indices, emotion induction method, age, and sex. *Biol Psychol*, 91(1), 128-141. doi: 10.1016/j.biopsycho.2012.05.011
- Overbeek, T. J., van Boxtel, A., & Westerink, J. H. (2014). Respiratory sinus arrhythmia responses to cognitive tasks: effects of task factors and RSA indices. *Biol Psychol*, 99, 1-14. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.02.006
- Pailing, P. E., & Segalowitz, S. J. (2004). The error-related negativity as a state and trait measure: motivation, personality, and ERPs in response to errors. *Psychophysiology*, 41(1), 84-95. doi: 10.1111/1469-8986.00124
- Park, G., & Thayer, J. F. (2014). From the heart to the mind: cardiac vagal tone modulates top-down and bottom-up visual perception and attention to emotional stimuli. *Front Psychol*, 5, 278. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00278
- Park, G., Van Bavel, J. J., Vasey, M. W., & Thayer, J. F. (2012). Cardiac vagal tone predicts inhibited attention to fearful faces. *Emotion*, 12(6), 1292-1302. doi: 10.1037/a0028528
- Park, G., Vasey, M. W., Van Bavel, J. J., & Thayer, J. F. (2013). Cardiac vagal tone is correlated with selective attention to neutral distractors under load. *Psychophysiology*, 50(4), 398-406. doi: 10.1111/psyp.12029
- Patron, E., Messerotti Benvenuti, S., Favretto, G., Gasparotto, R., & Palomba, D. (2014). Depression and reduced heart rate variability after cardiac surgery: the mediating role of emotion regulation. *Auton Neurosci*, 180, 53-58. doi: 10.1016/j.autneu.2013.11.004
- Paul, M., & Garg, K. (2012). The Effect of Heart Rate Variability Biofeedback on Performance Psychology of Basketball Players. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 37(2), 131-144. doi: DOI 10.1007/s10484-012-9185-2
- Peng, C. K., Havlin, S., Stanley, H. E., & Goldberger, A. L. (1995). Quantification of scaling exponents and crossover phenomena

- in nonstationary heartbeat time series. *Chaos*, 5(1), 82-87. doi: 10.1063/1.166141
- Phillips, L. H., Henry, J. D., Nouzova, E., Cooper, C., Radlak, B., & Summers, F. (2014). Difficulties with emotion regulation in multiple sclerosis: Links to executive function, mood, and quality of life. *J Clin Exp Neuropsychol*, 36(8), 831-842. doi: 10.1080/13803395.2014.946891
- Piepoli, M., Radaelli, A., Ponikowski, P., Adamopoulos, S., Bemardi, L., Sleight, P., & Coats, A. J. (1996). Reproducibility of heart rate variability indices during exercise stress testing and inotrope infusion in chronic heart failure patients. *Clin Sci (Lond)*, 91 Suppl, 87-88.
- Pitzalis, M. V., Mastropasqua, F., Massari, F., Forleo, C., Di Maggio, M., Passantino, A., . . . Rizzon, P. (1996). Short- and long-term reproducibility of time and frequency domain heart rate variability measurements in normal subjects. *Cardiovasc Res*, 32(2), 226-233.
- Plotkin, W. B. (1980). The role of attributions of responsibility in the facilitation of unusual experiential states during alpha training: an analysis of the biofeedback placebo effect. *Journal of Abnormal Psychology*, 89(1), 67-78.
- Porges, S. W. (1995a). Cardiac Vagal Tone - a Physiological Index of Stress. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 19(2), 225-233. doi: Doi 10.1016/0149-7634(94)00066-A
- Porges, S. W. (1995b). Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neurosci Biobehav Rev*, 19(2), 225-233.
- Porges, S. W. (1997). Emotion: an evolutionary by-product of the neural regulation of the autonomic nervous system. *Ann N Y Acad Sci*, 807, 62-77.
- Porges, S. W. (2001). The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *Int J Psychophysiol*, 42(2), 123-146.
- Porges, S. W. (2003). The Polyvagal Theory: phylogenetic contributions to social behavior. *Physiol Behav*, 79(3), 503-513.
- Porges, S. W. (2007a). A phylogenetic journey through the vague and ambiguous Xth cranial nerve: a commentary on contemporary heart rate variability research. *Biol Psychol*, 74(2), 301-307. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.08.007
- Porges, S. W. (2007b). The polyvagal perspective. *Biol Psychol*, 74(2), 116-143. doi: 10.1016/j.biopsycho.2006.06.009

- Porges, S. W. (2009). The polyvagal theory: new insights into adaptive reactions of the autonomic nervous system. *Cleve Clin J Med*, 76 Suppl 2, S86-90. doi: 10.3949/ccjm.76.s2.17
- Porges, S. W., Heilman, K. J., Bazhenova, O. V., Bal, E., Doussard-Roosevelt, J. A., & Koledin, M. (2007). Does motor activity during psychophysiological paradigms confound the quantification and interpretation of heart rate and heart rate variability measures in young children? *Dev Psychobiol*, 49(5), 485-494. doi: 10.1002/dev.20228
- Prinsloo, G. E., Derman, W. E., Lambert, M. I., & Laurie Rauch, H. G. (2013). The effect of a single session of short duration biofeedback-induced deep breathing on measures of heart rate variability during laboratory-induced cognitive stress: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 38(2), 81-90. doi: 10.1007/s10484-013-9210-0
- Prinsloo, G. E., Rauch, H. G., & Derman, W. E. (2014). A brief review and clinical application of heart rate variability biofeedback in sports, exercise, and rehabilitation medicine. *Phys Sportsmed*, 42(2), 88-99. doi: 10.3810/psm.2014.05.2061
- Prinsloo, G. E., Rauch, H. G., Karpul, D., & Derman, W. E. (2013). The effect of a single session of short duration heart rate variability biofeedback on EEG: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 38(1), 45-56. doi: 10.1007/s10484-012-9207-0
- Prinsloo, G. E., Rauch, H. G. L., Lambert, M. I., Muench, F., Noakes, T. D., & Derman, W. E. (2011). The Effect of Short Duration Heart Rate Variability (HRV) Biofeedback on Cognitive Performance During Laboratory Induced Cognitive Stress. *Applied Cognitive Psychology*, 25(5), 792-801. doi: 10.1002/Acp.1750
- Puzanovova, M., Arbogast, P. G., Smith, C. A., Anderson, J., Diedrich, A., & Walker, L. S. (2009). Autonomic activity and somatic symptoms in response to success vs. failure on a cognitive task: a comparison of chronic abdominal pain patients and well children. *J Psychosom Res*, 67(3), 235-243. doi: 10.1016/j.jpsychores.2009.02.007
- Recordati, G. (2002). The visceral nervous system and its environments. *J Theor Biol*, 214(2), 293-304. doi: 10.1006/jtbi.2001.2461
- Recordati, G. (2003). A thermodynamic model of the sympathetic and parasympathetic nervous systems. *Auton Neurosci*, 103(1-2), 1-12.

- Richard Jennings, J., Allen, B., Gianaros, P. J., Thayer, J. F., & Manuck, S. B. (2015). Focusing neurovisceral integration: Cognition, heart rate variability, and cerebral blood flow. *Psychophysiology*, 52(2), 214-224. doi: 10.1111/psyp.12319
- Richard, J. J., Allen, B., Gianaros, P. J., Thayer, J. F., & Manuck, S. B. (2014). Focusing neurovisceral integration: Cognition, heart rate variability, and cerebral blood flow. *Psychophysiology*. doi: 10.1111/psyp.12319
- Riesel, A., Weinberg, A., Endrass, T., Meyer, A., & Hajcak, G. (2013). The ERN is the ERN is the ERN? Convergent validity of error-related brain activity across different tasks. *Biol Psychol*, 93(3), 377-385. doi: 10.1016/j.biopsycho.2013.04.007
- Rocha, M. M., Del Prette, Z. A. P., & Del Prette, A. (2008). Placebo na pesquisa psicológica: algumas questões conceituais, metodológicas e ética. *Revista Brasileira de Terapias Cognitivas*, 4(2).
- Rohlf, I., Rotta, T. M., Luft, C. D. B., Andrade, A., Krebs, R. J., & Carvalho, T. (2008). A Escala de Humor de Brunel (Brums): Instrumento para Detecção Precoce da Síndrome do Excesso de Treinamento. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 14(3).
- Sammito, S., Thielmann, B., Zimmermann, P., & Bockelmann, I. (2015). [Influence of post-traumatic stress disorder on heart rate variability as marker of the autonomic nervous system - a systematic review]. *Fortschr Neurol Psychiatr*, 83(1), 30-37. doi: 10.1055/s-0034-1398779
- Sandercock, G. R., Bromley, P. D., & Brodie, D. A. (2005). The reliability of short-term measurements of heart rate variability. *Int J Cardiol*, 103(3), 238-247. doi: 10.1016/j.ijcard.2004.09.013
- Schachter, S., & Singer, J. E. (1962). Cognitive, social, and physiological determinants of emotional state. *Psychol Rev*, 69, 379-399.
- Schestatsky, P., Simis, M., Freeman, R., Pascual-Leone, A., & Fregni, F. (2013). Non-invasive brain stimulation and the autonomic nervous system. *Clin Neurophysiol*, 124(9), 1716-1728. doi: 10.1016/j.clinph.2013.03.020
- Schonbom, H., Kassens, A., Hopster-Iversen, C., Klewitz, J., Piechotta, M., Martinsson, G., . . . Sieme, H. (2015). Influence of transrectal and transabdominal ultrasound examination on salivary cortisol, heart rate, and heart rate variability in mares.

- Theriogenology*, 83(4), 749-756. doi: 10.1016/j.theriogenology.2014.11.010
- Schubert, C., Lambertz, M., Nelesen, R. A., Bardwell, W., Choi, J. B., & Dimsdale, J. E. (2009). Effects of stress on heart rate complexity--a comparison between short-term and chronic stress. *Biol Psychol*, 80(3), 325-332. doi: 10.1016/j.biopsycho.2008.11.005
- Schulz, K. P., Fan, J., Magidina, O., Marks, D. J., Hahn, B., & Halperin, J. M. (2007). Does the emotional go/no-go task really measure behavioral inhibition? Convergence with measures on a non-emotional analog. *Arch Clin Neuropsychol*, 22(2), 151-160. doi: 10.1016/j.acn.2006.12.001
- Sequeira, H., Hot, P., Silvert, L., & Delplanque, S. (2009). Electrical autonomic correlates of emotion. *Int J Psychophysiol*, 71(1), 50-56. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.009
- Servant, D., Logier, R., Mouster, Y., & Goudemand, M. (2009). [Heart rate variability. Applications in psychiatry]. *Encephale*, 35(5), 423-428. doi: 10.1016/j.encep.2008.06.016
- Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol*, 5, 1040. doi: 10.3389/fpsyg.2014.01040
- Shahidi, S., & Powell, G. E. (1988). Biofeedback Training of Relaxation - the Effects of False Feedback and the Influence of Suggestibility. *Personality and Individual Differences*, 9(6), 995-999. doi: 10.1016/0191-8869(88)90133-X
- Shahidi, S., & Powell, G. E. (1988). Biofeedback training of relaxation: the effects of false feedback and the influence of suggestibility. *Personality and Individual Differences*, 9(6), 995-999.
- Shahrestani, S., Stewart, E. M., Quintana, D. S., Hickie, I. B., & Guastella, A. J. (2015). Heart rate variability during adolescent and adult social interactions: A meta-analysis. *Biol Psychol*, 105C, 43-50. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.12.012
- Shen, Y., Xue, S., Wang, K., & Qiu, J. (2013). Neural time course of emotional conflict control: an ERP study. *Neurosci Lett*, 541, 34-38. doi: 10.1016/j.neulet.2013.02.032
- Shields, S. A., Mallory, M. E., & Simon, A. (1989). The Body Awareness Questionnaire - Reliability and Validity. *Journal of Personality Assessment*, 53(4), 802-815. doi: DOI 10.1207/s15327752jpa5304_16

- Shima, K., & Tanji, J. (1998). Role for cingulate motor area cells in voluntary movement selection based on reward. *Science*, 282(5392), 1335-1338.
- Siepmann, M., Aykac, V., Unterdorfer, J., Petrowski, K., & Mueck-Weymann, M. (2008). A pilot study on the effects of heart rate variability biofeedback in patients with depression and in healthy subjects. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 33(4), 195-201. doi: 10.1007/s10484-008-9064-z
- Silvia, P. J., Jackson, B. A., & Sopko, R. S. (2014). Does baseline heart rate variability reflect stable positive emotionality? *Personality and Individual Differences*, 70, 183-187. doi: DOI 10.1016/j.paid.2014.07.003
- Sim, C. S., Sung, J. H., Cheon, S. H., Lee, J. M., Lee, J. W., & Lee, J. (2015). The effects of different noise types on heart rate variability in men. *Yonsei Med J*, 56(1), 235-243. doi: 10.3349/ymj.2015.56.1.235
- Simpson, A., & Riggs, K. J. (2006). Conditions under which children experience inhibitory difficulty with a "button-press" go/no-go task. *J Exp Child Psychol*, 94(1), 18-26. doi: 10.1016/j.jecp.2005.10.003
- Sinnreich, R., Kark, J. D., Friedlander, Y., Sapoznikov, D., & Luria, M. H. (1998). Five minute recordings of heart rate variability for population studies: repeatability and age-sex characteristics. *Heart*, 80(2), 156-162.
- Snyder, H. R. (2013). Major depressive disorder is associated with broad impairments on neuropsychological measures of executive function: a meta-analysis and review. *Psychol Bull*, 139(1), 81-132. doi: 10.1037/a0028727
- Strain, A. C., Azevedo, R., & D'Mello, S. K. (2013). Using a false biofeedback methodology to explore relationships between learners' affect, metacognition, and performance. *Contemporary Educational Psychology*, 38, 22-39.
- Stroebel, C. F., & Glueck, B. C. (1973). Biofeedback treatment in medicine and psychiatry: an ultimate placebo? *Semin Psychiatry*, 5(4), 379-393.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *J. Exp. Psychol.*, 18, 643-662.
- Stys, A., & Stys, T. (1998). Current clinical applications of heart rate variability. *Clin Cardiol*, 21(10), 719-724.
- Sutarto., A., W. M. N., & M., Z. N. (2010). Heart Rate Variability (HRV) biofeedback: A new training approach for operator's

- performance enhancement. . *Journal of Industrial Engineering and Management.*, 3(1), 176-198.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E. R. (1965). Evoked-potential correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150(3700), 1187-1188.
- Swanson, K. S., Gevirtz, R. N., Brown, M., Spira, J., Guarneri, E., & Stoletniy, L. (2009). The effect of biofeedback on function in patients with heart failure. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 34(2), 71-91. doi: 10.1007/s10484-009-9077-2
- Swick, D., & Turken, A. U. (2002). Dissociation between conflict detection and error monitoring in the human anterior cingulate cortex. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 99(25), 16354-16359. doi: 10.1073/pnas.252521499
- Taake, I., Jaspers-Fayer, F., & Liotti, M. (2009). Early frontal responses elicited by physical threat words in an emotional Stroop task: Modulation by anxiety sensitivity. *Biol Psychol*, 81(1), 48-57. doi: 10.1016/j.biopsycho.2009.01.006
- Takahashi, T., Murata, T., Hamada, T., Omori, M., Kosaka, H., Kikuchi, M., . . . Wada, Y. (2005). Changes in EEG and autonomic nervous activity during meditation and their association with personality traits. *Int J Psychophysiol*, 55(2), 199-207. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2004.07.004
- Tang, S. C., Jen, H. I., Lin, Y. H., Hung, C. S., Jou, W. J., Huang, P. W., . . . Chen, M. F. (2015). Complexity of heart rate variability predicts outcome in intensive care unit admitted patients with acute stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 86(1), 95-100. doi: 10.1136/jnnp-2014-308389
- Tannus, L. R. M., Sperandei, S., Montenegro, R. M., Carvalho, V. R., Pedrosa, H. C., Felix, M. T., . . . Gomes, M. D. (2013). Reproducibility of methods used for the assessment of autonomous nervous system's function. *Autonomic Neuroscience-Basic & Clinical*, 177(2), 275-279. doi: DOI 10.1016/j.autneu.2013.05.444
- Tarvainen, M. P., Niskanen, J. P., Lipponen, J. A., Ranta-Aho, P. O., & Karjalainen, P. A. (2014). Kubios HRV--heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*, 113(1), 210-220. doi: 10.1016/j.cmpb.2013.07.024
- Teixeira, L. B. (2008). *Frequência Cardíaca, Variabilidade da Frequência Cardíaca e o Desempenho em uma Partida de Xadrez.* (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil.

- Thayer, J. F., & Friedman, B. H. (2002). Stop that! Inhibition, sensitization, and their neurovisceral concomitants. *Scand J Psychol*, 43(2), 123-130.
- Thayer, J. F., Friedman, B. H., & Borkovec, T. D. (1996). Autonomic characteristics of generalized anxiety disorder and worry. *Biol Psychiatry*, 39(4), 255-266. doi: 10.1016/0006-3223(95)00136-0
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009a). Heart Rate Variability, Prefrontal Neural Function, and Cognitive Performance: The Neurovisceral Integration Perspective on Self-regulation, Adaptation, and Health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141-153. doi: DOI 10.1007/s12160-009-9101-z
- Thayer, J. F., Hansen, A. L., Saus-Rose, E., & Johnsen, B. H. (2009b). Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Annals of Behavioral Medicine*, 37(2), 141-153. doi: 10.1007/s12160-009-9101-z
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *J Affect Disord*, 61(3), 201-216.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev*, 33(2), 81-88. doi: 10.1016/j.neubiorev.2008.08.004
- Thayer, J. F., Smith, M., Rossy, L. A., Sollers, J. J., & Friedman, B. H. (1998). Heart period variability and depressive symptoms: gender differences. *Biol Psychiatry*, 44(4), 304-306.
- Thayer, J. F., Sollers, J. J., 3rd, Labiner, D. M., Weinand, M., Herring, A. M., Lane, R. D., & Ahern, G. L. (2009). Age-related differences in prefrontal control of heart rate in humans: a pharmacological blockade study. *Int J Psychophysiol*, 72(1), 81-88. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2008.04.007
- Thomas, S. J., Johnstone, S. J., & Gonsalvez, C. J. (2007). Event-related potentials during an emotional Stroop task. *Int J Psychophysiol*, 63(3), 221-231. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2006.10.002
- Thompson, D. G., Kesler, S. R., Sudheimer, K., Mehta, K. M., Thompson, L. W., Marquett, R. M., . . . O'Hara, R. M. (2015). fMRI activation during executive function predicts response to cognitive behavioral therapy in older, depressed adults. *Am J*

- Geriatr Psychiatry*, 23(1), 13-22. doi: 10.1016/j.jagp.2014.02.001
- Tiller, W. A., McCraty, R., & Atkinson, M. (1996). Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. *Altern Ther Health Med*, 2(1), 52-65.
- Tulppo, M. P., Hughson, R. L., Makikallio, T. H., Airaksinen, K. E., Seppanen, T., & Huikuri, H. V. (2001). Effects of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 280(3), H1081-1087.
- Valentini, M., & Parati, G. (2009). Variables influencing heart rate. *Prog Cardiovasc Dis*, 52(1), 11-19. doi: 10.1016/j.pcad.2009.05.004
- Valenza, G., Citi, L., Gentili, C., Lanata, A., Scilingo, E. P., & Barbieri, R. (2015). Characterization of depressive States in bipolar patients using wearable textile technology and instantaneous heart rate variability assessment. *IEEE J Biomed Health Inform*, 19(1), 263-274. doi: 10.1109/JBHI.2014.2307584
- Valins, S. (1966). Cognitive effects of false heart-rate feedback. *Journal of Personality and Social Psychology*, 4(4), 400-408.
- van Hooff, J. C., Dietz, K. C., Sharma, D., & Bowman, H. (2008). Neural correlates of intrusion of emotion words in a modified Stroop task. *Int J Psychophysiol*, 67(1), 23-34. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2007.09.002
- van Ockenburg, S. L., Tak, L. M., Bakker, S. J., Gans, R. O., de Jonge, P., & Rosmalen, J. G. (2015). Effects of adverse life events on heart rate variability, cortisol, and C-reactive protein. *Acta Psychiatr Scand*, 131(1), 40-50. doi: 10.1111/acps.12286
- Vanderlei, L. C. M., Pastre, C. M., Hoshi, R. A., Carvalho, T. D., & Godoy, M. (2009). Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. *Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular*, 24(2), 205-207.
- Vaschillo, E., Bates, M., Lehrer, P., & Pandina, R. (2007). Resonant properties of the body's functional systems and biofeedback. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32(1), 60-61.
- Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., & Lehrer, P. M. (2006a). Characteristics of resonance in heart rate variability stimulated by biofeedback. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 31(2), 129-142. doi: DOI 10.1007/s10484-006-9009-3
- Vaschillo, E. G., Vaschillo, B., & Lehrer, P. M. (2006b). Characteristics of resonance in heart rate variability stimulated by biofeedback.

- Appl Psychophysiol Biofeedback*, 31(2), 129-142. doi: 10.1007/s10484-006-9009-3
- Vinay, A., Venkatesh, D., & Prakash, R. (2015). Need for revised protocol of heart rate variability for sequential evaluation of physiological changes in yoga. *Int J Yoga*, 8(1), 80-81. doi: 10.4103/0973-6131.146072
- Vistisen, S. T., Jensen, J., Fleischer, J., & Nielsen, J. F. (2014). Association between the sensory-motor nervous system and the autonomic nervous system in neurorehabilitation patients with severe acquired brain injury. *Brain Inj*, 1-6. doi: 10.3109/02699052.2014.969312
- Wager, T. D., & Smith, E. E. (2003). Neuroimaging studies of working memory: a meta-analysis. *Cogn Affect Behav Neurosci*, 3(4), 255-274.
- Wallentin, M., Nielsen, A. H., Vuust, P., Dohn, A., Roepstorff, A., & Lund, T. E. (2011). Amygdala and heart rate variability responses from listening to emotionally intense parts of a story. *Neuroimage*, 58(3), 963-973. doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.06.077
- Walter, W. G., Cooper, R., Aldridge, V. J., McCallum, W. C., & Winter, A. L. (1964). Contingent Negative Variation: An Electric Sign of Sensorimotor Association and Expectancy in the Human Brain. *Nature*, 203, 380-384.
- Watson, D., & Clark, L. A. (1994). Introduction to the Special Issue on Personality and Psychopathology. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(1), 3-5.
- Weinberg, A., Klonsky, E. D., & Hajcak, G. (2009). Autonomic impairment in borderline personality disorder: a laboratory investigation. *Brain Cogn*, 71(3), 279-286. doi: 10.1016/j.bandc.2009.07.014
- West, R. (2003). Neural correlates of cognitive control and conflict detection in the Stroop and digit-location tasks. *Neuropsychologia*, 41(8), 1122-1135.
- West, R., & Alain, C. (2000a). Age-related decline in inhibitory control contributes to the increased Stroop effect observed in older adults. *Psychophysiology*, 37(2), 179-189.
- West, R., & Alain, C. (2000b). Effects of task context and fluctuations of attention on neural activity supporting performance of the stroop task. *Brain Res*, 873(1), 102-111.
- Wheat, A. L., & Larkin, K. T. (2010). Biofeedback of heart rate variability and related physiology: a critical review. *Appl*

- Psychophysiol Biofeedback*, 35(3), 229-242. doi: 10.1007/s10484-010-9133-y
- Whited, A., Larkin, K. T., & Whited, M. (2014). Effectiveness of emWave biofeedback in improving heart rate variability reactivity to and recovery from stress. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 39(2), 75-88. doi: 10.1007/s10484-014-9243-z
- Whitney, J. D. (1999). Validity and reliability: basic research concepts. *J Wound Ostomy Continence Nurs*, 26(5), 240.
- Williams, J. M., Mathews, A., & MacLeod, C. (1996). The emotional Stroop task and psychopathology. *Psychol Bull*, 120(1), 3-24.
- Wong, M. S., Mak, A. F., Luk, K. D., Evans, J. H., & Brown, B. (2001). Effectiveness of audio-biofeedback in postural training for adolescent idiopathic scoliosis patients. *Prosthet Orthot Int*, 25(1), 60-70.
- Wood, R., Maraj, B., Lee, C. M., & Reyes, R. (2002). Short-term heart rate variability during a cognitive challenge in young and older adults. *Age Ageing*, 31(2), 131-135.
- Zhang, W., & Lu, J. (2012). Time course of automatic emotion regulation during a facial Go/Nogo task. *Biol Psychol*, 89(2), 444-449. doi: 10.1016/j.biopsycho.2011.12.011
- Zhu, X. R., Zhang, H. J., Wu, T. T., Luo, W. B., & Luo, Y. J. (2010). Emotional conflict occurs at an early stage: evidence from the emotional face-word Stroop task. *Neurosci Lett*, 478(1), 1-4. doi: 10.1016/j.neulet.2010.04.036
- Zucker, T. L., Samuelson, K. W., Muench, F., Greenberg, M. A., & Gevirtz, R. N. (2009). The effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback on heart rate variability and posttraumatic stress disorder symptoms: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 34(2), 135-143. doi: 10.1007/s10484-009-9085-2

ANEXOS ESTUDO 1

Anexo 1: Escala de Humor de Brunel (Brums)

A Escala de Humor de Brunel (BRUMS)

Abaixo segue uma lista de palavras que descrevem sentimentos. Por favor, leia tudo atentamente. Em seguida assinale de 0 a 4 como melhor descreve a pergunta: **COMO VOCE SE SENTE AGORA?** Tenha certeza de sua resposta para cada questão antes de assinalar:

	0=Nada 1=Pouco 2=Moderado 3=Bastante 4=Extremo
1. Apavorado	
2. Animado	
3. Confuso	
4. Esgotado	
5. Deprimido	
6. Desanimado	
7. Irritado	
8. Exausto	
9. Inseguro	
10. Sonolento	
11. Zangado	
12. Triste	
13. Ansioso	
14. Preocupado	
15. Com disposição	
16. Infeliz	
17. Desorientado	
18. Tenso	

Anexo 2: Escala de Estresse Percebido

Abaixo segue uma lista de frases que descrevem sentimentos. Por favor, leia tudo atentamente. Em seguida assinale de 0 a 4 como melhor descreve a pergunta:

NESTE ÚLTIMO MÊS, COM QUE FREQUÊNCIA...

Tenha certeza de sua resposta para cada questão antes de assinalar:

Escala:

0=nunca 1=quase nunca 2=às vezes 3=quase sempre 4=sempre

1 Você tem ficado triste por causa de algo que aconteceu inesperadamente? ()

2 Você tem se sentido incapaz de controlar as coisas importantes em sua vida? ()

3 Você tem se sentido nervoso e “estressado”? ()

4 Você tem tratado com sucesso dos problemas difíceis da vida? ()

5 Você tem sentido que está lidando bem as mudanças importantes que estão ocorrendo em sua vida? ()

6 Você tem se sentido confiante na sua habilidade de resolver problemas pessoais? ()

7 Você tem sentido que as coisas estão acontecendo de acordo com a sua vontade? ()

8 Você tem achado que não conseguiria lidar com todas as coisas que você tem que fazer? ()

9 Você tem conseguido controlar as irritações em sua vida? ()

10 Você tem sentido que as coisas estão sob o seu controle? ()

11 Você tem ficado irritado porque as coisas que acontecem estão fora do seu controle? ()

12 Você tem se encontrado pensando sobre as coisas que deve fazer? ()

13 Você tem conseguido controlar a maneira como gasta seu tempo? ()

14 Você tem sentido que as dificuldades se acumulam a ponto de você acreditar que não pode superá-las? ()

ANEXOS ESTUDO 2

Anexo 1: PANAS scale

PANAS-X

This scale consists of a number of words and phrases that describe different feelings and emotions. Read each item and then mark the appropriate answer in the space next to that word. Indicate to what extent you feel this way *right now*. Use the following scale to record your answers:

1	2	3	4	5
very slightly or not at all	a little	moderately	quite a bit	extremely

- | | |
|-------------------------------|-------------------|
| 1. _____ cheerful | 18. _____ afraid |
| 2. _____ disgusted | 19. _____ tired |
| 3. _____ attentive | 20. _____ amazed |
| 4. _____ bashful | 21. _____ shaky |
| 5. _____ sluggish | 22. _____ happy |
| 6. _____ daring | 23. _____ timid |
| 7. _____ surprised | 24. _____ alone |
| 8. _____ strong | 25. _____ alert |
| 9. _____ scornful | 26. _____ upset |
| 10. _____ relaxed | 27. _____ angry |
| 11. _____ irritable | 28. _____ bold |
| 12. _____ delighted | 29. _____ blue |
| 13. _____ inspired | 30. _____ shy |
| 14. _____ fearless | 31. _____ active |
| 15. _____ disgusted with self | 32. _____ guilty |
| 16. _____ sad | 33. _____ joyful |
| 17. _____ calm | 34. _____ nervous |

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| 35. _____ lonely | 48. _____ downhearted |
| 36. _____ sleepy | 49. _____ sheepish |
| 37. _____ excited | 50. _____ distressed |
| 38. _____ hostile | 51. _____ blameworthy |
| 39. _____ proud | 52. _____ determined |
| 40. _____ jittery | 53. _____ frightened |
| 41. _____ lively | 54. _____ astonished |
| 42. _____ ashamed | 55. _____ interested |
| 43. _____ at ease | 56. _____ loathing |
| 44. _____ scared | 57. _____ confident |
| 45. _____ drowsy | 58. _____ energetic |
| 46. _____ angry at self | 59. _____ concentrating |
| 47. _____ enthusiastic | 60. _____ dissatisfied with self |

Anexo 2: Body Sensation Questionnaire

Body Sensations Questionnaire

Client ID Date

Below is a list of specific body sensations that may occur when you are nervous or in a feared situation. Please mark down how afraid you are of these feelings. Use the following five point scale:

1 2 3 4 5
not at all somewhat moderately very extremely
.....frightened by this sensation.

Please rate all items.

- 1. heart palpitations
- 2. pressure or a heavy feeling in chest
- 3. numbness in arms or legs
- 4. tingling in the fingertips
- 5. numbness in another part of your body
- 6. feeling short of breath
- 7. dizziness
- 8. blurred or distorted vision
- 9. nausea
- 10. having "butterflies" in your stomach
- 11. feeling a knot in your stomach
- 12. having a lump in your throat
- 13. wobbly or rubber legs
- 14. sweating
- 15. a dry throat
- 16. feeling disoriented and confused
- 17. feeling disconnected from your body: only partly present
- 18. other (please describe)
-
-

1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5

Anexo 3: Body Awareness questionnaire

Body Awareness Questionnaire (Shields, Mallory & Simon, 1989)

Instructions:

Listed below are a number of statements regarding your sensitivity to normal, nonemotive body processes. For each statement, select a number from 1 to 7 that best describes how the statement describes you and place the number in the box to the right of the statement.

	Not at all true of me							Very true of me
	1	2	3	4	5	6	7	
1.	I notice differences in the way my body reacts to various foods.							<input type="checkbox"/>
2.	I can always tell when I bump myself whether or not it will become a bruise.							<input type="checkbox"/>
3.	I always know when I've exerted myself to the point where I'll be sore the next day.							<input type="checkbox"/>
4.	I am always aware of changes in my energy level when I eat certain foods.							<input type="checkbox"/>
5.	I know in advance when I'm getting the flu.							<input type="checkbox"/>
6.	I know I'm running a fever without taking my temperature.							<input type="checkbox"/>
7.	I can distinguish between tiredness because of hunger and tiredness because of lack of sleep.							<input type="checkbox"/>
8.	I can accurately predict what time of day lack of sleep will catch up with me.							<input type="checkbox"/>
9.	I am aware of a cycle in my activity level throughout the day.							<input type="checkbox"/>
10.*	I <i>don't</i> notice seasonal rhythms and cycles in the way my body functions.							<input type="checkbox"/>
11.	As soon as I wake up in the morning, I know how much energy I'll have during the day.							<input type="checkbox"/>
12.	I can tell when I go to bed how well I will sleep that night.							<input type="checkbox"/>
13.	I notice distinct body reactions when I am fatigued.							<input type="checkbox"/>
14.	I notice specific body responses to changes in the weather.							<input type="checkbox"/>
15.	I can predict how much sleep I will need at night in order to wake up refreshed.							<input type="checkbox"/>
16.	When my exercise habits change, I can predict very accurately how that will affect my energy level.							<input type="checkbox"/>
17.	There seems to be a "best" time for me to go to sleep at night.							<input type="checkbox"/>
18.	I notice specific bodily reactions to being overhungry.							<input type="checkbox"/>

Note: * indicates a reversed scored item.

Anexo 4: Tem-Item Personality Inventory (TIPI-10)

Here are a number of personality traits that may or may not apply to you. Please write a number next to each statement to indicate the extent to which *you agree or disagree with that statement*. You should rate the extent to which the pair of traits applies to you, even if one characteristic applies more strongly than the other.

Disagree strongly	Disagree moderately	Disagree a little	Neither agree nor disagree	Agree a little	Agree moderately	Agree strongly
1	2	3	4	5	6	7

I see myself as:

- 1. ____ Extraverted, enthusiastic.
- 2. ____ Critical, quarrelsome.
- 3. ____ Dependable, self-disciplined.
- 4. ____ Anxious, easily upset.
- 5. ____ Open to new experiences, complex.
- 6. ____ Reserved, quiet.
- 7. ____ Sympathetic, warm.
- 8. ____ Disorganized, careless.
- 9. ____ Calm, emotionally stable.
- 10. ____ Conventional, uncreative.

TIPI scale scoring (“R” denotes reverse-scored items): Extraversion: 1, 6R; Agreeableness: 2R, 7; Conscientiousness: 3, 8R; Emotional Stability: 4R, 9; Openness to Experiences: 5, 10R.

Anexo 5: Motivation Scale

The Situational Motivation Scale (SIMS)

Directions: Read each item carefully. Using the scale below, please circle the number that best describes the reason why you are currently engaged in this activity. Answer each item according to the following scale: 1: *corresponds not at all*; 2: *corresponds a very little*; 3: *corresponds a little*; 4: *corresponds moderately*; 5: *corresponds enough*; 6: *corresponds a lot*; 7: *corresponds exactly*.

Why are you currently engaged in this activity?

- | | | | | | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Because I think that this activity is interesting | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2. Because I am doing it for my own good | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3. Because I am supposed to do it | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 4. There may be good reasons to do this activity, but personally I don't see any | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5. Because I think that this activity is pleasant | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6. Because I think that this activity is good for me | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 7. Because it is something that I have to do | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8. I do this activity but I am not sure if it is worth it | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9. Because this activity is fun | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 10. By personal decision | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 11. Because I don't have any choice | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 12. I don't know; I don't see what this activity brings me | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 13. Because I feel good when doing this activity | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 14. Because I believe that this activity is important for me | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 15. Because I feel that I have to do it | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16. I do this activity, but I am not sure it is a good thing to pursue it | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Anexo 6: Consent Form

EEG Information and Consent Form

Participant Name: _____

Ref. Number: _____

Electroencephalographic (EEG) research is a simple technique in which electrical signals are recorded from the scalp. These signals are recorded using electrodes which are applied to the scalp via a synthetic cap. Additional electrodes are also placed on the face using adhesive stickers. EEG recording is a very safe procedure with minimal risk to participants.

A conductive gel is used on the scalp to ensure good contact with the electrodes. While this is not harmful, it may cause irritation if the participant suffers from skin allergies and in these cases should not be used. This material is easy to wash out and shower facilities are provided for this purpose. A syringe with a blunt needle is used to apply the gel to the scalp, and will not pierce the skin.

Participation in this study, including preparation, will take a maximum of 3 hours. You may cease participation at any time, and no reason will be required. If you do wish to leave, you may request that your data be erased.

Your data will be handled confidentially, and will not be passed on to anyone with your name attached.

Please tick the boxes below to indicate that you consent to the EEG recording procedure

Do you consent to the use of adhesive stickers?	Yes	No
Do you consent to the use of conductive gel?		
Are you aware of the maximum duration of the recording session?		
Do you consent to us recording your EEG?		
Do you consent to us recording your behavioural responses to experimental stimuli?		
Do you consent to us recording medical details provided by you strictly confidentially ?		
Do you understand that you will be able to leave at any time?		
Do you understand that you will be free to ask questions pertaining to the EEG procedure at any time?		
Do you understand that your identity will be kept confidential, and not passed on to anyone not involved in the conduct of this study and will not appear in any publication?		

There are a few medical details which are required prior to participation. Ticking a 'yes' to these questions does not necessarily mean that you will not be able to take part. Please read the following questions and place a tick in the box to indicate your answer. All information you give here will be treated as confidential.

	Yes	No	Details
Are you currently taking/ have you recently taken any prescription or over-the-counter medications? If yes, please give details.			
Have you ever suffered from epilepsy?			
Have you had any surgery in which metal items have or may have been placed in your head?			
Do you have any history of allergic reactions to skin products, cosmetics or lotions? If yes, please give			

details			
Do you have normal or corrected to normal vision?			
Do you have a pacemaker fitted?			
Do you use any other medical electrical device? If yes, please give details			
Have you been feeling unwell over the last few days? If yes, please give details			
Do you suffer from any sort of chronic skin condition (dermatitis, eczema, psoriasis etc)? If yes, please give details			
Do you have any blood clotting disorder, or are you currently taking any drugs which reduce the effectiveness of blood clotting? If yes, please give details			
Have you taken any sort of legal or illegal drug in the past 24 hours? If yes, please give details			
Have you consumed alcohol in the past 24 hours? If yes, please give details			
Have you been diagnosed with any kind of psychiatric disorder?			
Do you have any family history of psychiatric illness that you know of?			

Age:..... Sex:..... Nationality:.....

Please sign the declaration below to consent to participation in this study subject to the conditions outlined above:

I freely give my consent to participate in this EEG study. I have had the procedure explained to me and my questions have been answered to my satisfaction.

Print name..... E-Mail.....

Sign name..... Date.....

APÊNDICES ESTUDO 1

Apêndice 1: Ficha de dados

Ficha de Dados**Informações gerais**

Data da coleta:

Horário:

Iniciais do nome:

No. FICHA:

Telefone para contato:

Email:

Sexo: M () F ()

Idade:

Controle de variáveis

a- Atualmente apresenta alguma doença cardiovascular, psiquiátrica e/ou neurológica diagnosticada?

NÃO () SIM ()

Exemplo:

Epilepsia() hidrocefalia() AVC()

ataque insquêmico () esquizofrenia() parkinson()

paralisia cerebral () tumores cerebrais()

Sorologia positiva a doença de Chagas ()

diabetes mellitus() Outra(s) ()

b- Realiza uso contínuo de medicamentos para:

NÃO () SIM ()

Exemplo:

Doença cardiovascular() hipertensão() depressão()

ansiedade () fobias() TDAH() epilepsia()

medicamento para dormir ()

- Mulheres: estão em ciclo menstrual? Não () sim ()

- Déficit visual não corrigido? NÃO () SIM ()

Informações pessoais:

- Estatura :
- Peso:
- IMC:
- Estado civil:
- Naturalidade:
- Escolaridade:
- Anos de estudo formal s/ repetência: _____ anos.
- Quantas horas por dia trabalha/estuda? não trabalho atualmente ()
de 1-3 horas () de 4-6 horas () de 5-8 horas () 8-12
horas () +12 horas ()

Consumo atual de substâncias

- a- Você fuma cigarros? NÃO()SIM()
- b- Você tem usado ou usou nos últimos seis meses algum tipo de droga não prescrita por médico (ilícitas/ maconha, cocaína, crack, outras substâncias químicas)? NÃO ()

HISTÓRICO Uso de substâncias:

- Você já fumou cigarros? Não () () raramente () apenas alguns meses () de 1 a 3 anos () de 3 a 6 anos () mais que 6 anos
- Você já utilizou alguma outra substância que não prescrita pelo

Programas de Yoga, respiração controlada, meditação

- Você já realizou Yoga, respiração controlada ou meditação (ou outras técnicas que envolvem respiração controlada)? Não() ()Sim
- Se sim, quanto tempo?

Você gostaria de receber o resultado desta pesquisa?
() sim () não

Apêndice 2: Questionário Pós sessão de biofeedback

1. Você compreendeu a atividade de biofeedback?

() não ()sim

2. Você reconheceu o seu próprio feedback na tela do computador?

() não ()sim

3. Você utilizou alguma estratégia para realizar a coerência cardíaca?

() não ()sim

4. Se você utilizou alguma estratégia para realizar a coerência cardíaca, qual foi:

5. Como você se sentiu após a intervenção?

Apêndice 3: Termo de consentimento livre e esclarecido



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Projeto: Efeitos do biofeedback cardiorrespiratório na variabilidade da frequência cardíaca

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que investigará a regulação do Sistema Nervoso Autônomo antes, durante e depois a intervenção de biofeedback. Esta pesquisa já foi aceita pelo comitê de ética com seres humanos. Este documento contém as informações necessárias sobre a pesquisa e sobre sua possível participação. Sua colaboração neste estudo é muito importante, mas a decisão em participar deve ser sua. Se você não concordar em participar ou quiser desistir em qualquer momento, isso não lhe causará nenhum prejuízo. Sua participação é condicionada pela disponibilidade em responder alguns instrumentos para controle de variáveis como: escala de estresse percebido, escala de humor e ficha de dados. Além disso, sua participação irá envolver a realização de uma técnica chamada de biofeedback com o acompanhamento de um instrutor e com os equipamentos necessários. Você irá participar do grupo experimento. Você poderá ser submetido ao biofeedback placebo. Todos os procedimentos de coleta de dados lhe tomarão o tempo aproximado de no máximo 1 hora e 15 minutos, dependendo de sua necessidade em responder as questões. Garantimos o sigilo de todos os seus dados, identificando sua ficha por meio de números. Somente a pesquisadora responsável terá acesso aos dados pessoais. A vantagem em participar deste projeto mostra-se na contribuição a ciência para a compreensão do processo de biofeedback cardiorrespiratório e modulação autônoma. Com isso, futuras intervenções e estratégias de gerenciamento de estresse, ansiedade (etc) poderão ser estudadas e aprimoradas. Você poderá também perguntar aos pesquisadores sobre seus resultados. As pessoas que estarão acompanhando serão a doutoranda Mariana López e o Professor Dr. Emilio Takase, da Universidade Federal de Santa Catarina. Estes estarão a sua disposição para qualquer esclarecimento. Outros membros da equipe do Laboratório de Neurociência do Esporte e Exercício e Educação Cerebral (LANESPE/LEC) também estarão acompanhando a pesquisa e estarão a sua disposição. Solicitamos a vossa autorização para o uso de seus dados para a produção de artigos técnicos científicos. Você terá total liberdade e direito de não responder as questões que não achar conveniente e também se retirar do estudo. Se você concordar em participar basta preencher os seus dados e assinar a declaração concordando com a pesquisa. Obrigada pela atenção, compreensão e apoio.

Eu, _____ nascido(a) em ____/____/____, concordo em participar deste projeto. **DECLARO** que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas. **Consinto voluntariamente em participar desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.**

Florianópolis, ____ de ____ de _____. _____ (nome em extenso)

_____ (assinatura)

_____ (email e telefone)

Responsável pelo projeto: Mariana Lopez (ass) _____ Telefone: (48) 96785884

E-mail: psicolopez@gmail.com

Apêndice 4: Análise descritiva dos índices da VFC e da coerência cardíaca sem normalização

Neste Apêndice esta descrita a análise descritiva para cada índice da VFC e da coerência cardíaca sem o processo de normalização pelo repouso 1 (repouso1= registro basal antes da sessão de biofeedback). Além disso, são apresentados os índices da VFC e da coerência cardíaca para o biofeedback 1 (primeiros 5 minutos da sessão de biofeedback) e para o biofeedback 2 (últimos 5 minutos da sessão de biofeedback), já que para as principais análises estatísticas foi utilizada a média entre biofeedback 1 e biofeedback 2 normalizada. Para cada índice da VFC e da coerência cardíaca são apresentadas o valor mínimo, valor máximo, a média e o desvio padrão.

Tabela 8: Análise descritiva dos índices da VFC sem normalização (feedback real)

Sessão com feedback real	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Repouso1: RR	26	539.50	1.019.00	719.87	101.03
Repouso1: SDNN	26	13.30	100.60	44.32	18.62
Repouso1: HR	26	59.09	111.33	85.31	11.04
Repouso1: RMSSD	26	6.20	89.30	34.12	17.39
Repouso1: pNN50	26	.00	52.10	13.17	12.42
Repouso1: LF/HFms²	26	.62	11.76	3.45	3.00
Repouso1: LF%	26	36.70	89.90	66.22	15.03
Repouso1: HF%	26	7.50	59.20	29.34	14.69
Repouso1: SD1	26	4.50	63.50	24.33	12.35
Repouso1: SD2	26	24.70	142.00	74.08	26.82
Repouso1: ApEn	26	.84	1.27	1.08	.11
Repouso1: DFA1	26	.94	1.70	1.33	.18
Repouso1: DFA2	26	.48	1.29	.78	.19
Repouso1: D2	26	.13	4.15	2.81	1.18
Biofeedback1: RR	26	521.60	919.90	725.95	92.90
Biofeedback1: SDNN	26	13.60	115.00	61.29	26.52
Biofeedback1: HR	26	66.08	115.20	84.73	10.58
Biofeedback1: RMSSD	26	6.50	114.40	41.92	22.43
Biofeedback1: pNN50	26	.20	49.20	16.91	14.12
Biofeedback1: LF/HFms²	26	.53	31.99	7.62	8.61
Biofeedback1: LF%	26	34.00	96.30	73.81	17.37

Biofeedback1: HF%	26	2.60	64.00	22.33	17.46
Biofeedback1: SD1	26	4.70	81.30	29.88	15.94
Biofeedback1: SD2	26	28.30	161.40	94.20	34.09
Biofeedback1: ApEn	26	.61	1.20	.93	.17
Biofeedback1: DFA1	26	.99	1.79	1.40	.22
Biofeedback1: DFA2	26	.19	1.07	.62	.26
Biofeedback1: D2	26	.22	3.82	2.79	.85
Biofeedback2: RR	26	540.40	920.20	727.64	93.92
Biofeedback2: SDNN	26	14.00	124.80	60.90	27.95
Biofeedback2: HR	26	65.57	111.20	84.54	10.60
Biofeedback2: RMSSD	26	6.00	108.50	41.49	22.94
Biofeedback2: pNN50	26	.00	56.00	17.65	15.28
Biofeedback2: LF/HFms²	26	.37	28.50	5.71	6.52
Biofeedback2: LF%	26	26.70	95.80	68.16	20.76
Biofeedback2: HF%	26	3.40	71.30	28.04	20.27
Biofeedback2: SD1	26	4.30	77.20	29.58	16.31
Biofeedback2: SD2	26	29.30	167.30	91.91	37.12
Biofeedback2: ApEn	26	.65	1.27	.94	.16
Biofeedback2: DFA1	26	.98	1.91	1.43	.23
Biofeedback2: DFA2	26	.23	.90	.58	.20
Biofeedback2: D2	26	.21	4.29	2.80	.85
Pós teste: RR	26	573.10	918.30	740.65	82.91
Pós teste: SDNN	26	14.80	85.40	48.51	18.25
Pós teste: HR	26	66.31	104.82	82.65	9.16
Pós teste: RMSSD	26	6.60	73.30	37.67	15.34
Pós teste: pNN50	26	.00	37.50	15.62	11.75
Pós teste: LF/HFms²	26	.45	21.91	3.76	4.91
Pós teste: LF%	26	29.90	89.40	61.05	17.97
Pós teste: HF%	26	4.00	66.80	33.94	18.94
Pós teste: SD1	26	4.70	52.30	26.88	10.95
Pós teste: SD2	26	27.50	174.30	84.69	33.53
Pós teste: ApEn	26	.83	1.20	1.06	.10
Pós teste: DFA1	26	.64	1.75	1.28	.25
Pós teste: DFA2	26	.43	1.13	.80	.19
Pós teste: D2	26	.20	3.95	2.98	.96

Tabela 9: Análise descritiva dos índices da VFC sem normalização (feedback placebo)

Sessão com feedback placebo	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Repouso1: RR	26	598.90	1.062.50	745.18	102.81
Repouso1: SDNN	26	21.30	67.40	43.13	11.05
Repouso1: HR	26	56.69	100.60	82.72	10.28
Repouso1: RMSSD	26	12.80	73.00	37.09	13.68
Repouso1: pNN50	26	.20	44.00	15.08	11.72
Repouso1: LF/HFms²	26	.31	7.83	2.04	1.64
Repouso1: LF%	26	22.30	83.00	55.91	16.25
Repouso1: HF%	26	10.60	71.50	38.11	16.69
Repouso1: SD1	26	9.20	52.20	26.48	9.74
Repouso1: SD2	26	40.90	113.30	71.13	18.14
Repouso1: ApEn	26	.79	1.25	1.09	.11
Repouso1: DFA1	26	.64	1.63	1.23	.27
Repouso1: DFA2	26	.57	1.19	.80	.17
Repouso1: D2	26	.68	4.38	3.00	1.13
Biofeedback1: RR	26	598.10	1.030.40	741.13	108.84
Biofeedback1: SDNN	26	16.70	138.60	56.52	27.18
Biofeedback1: HR	26	58.53	100.80	83.22	11.22
Biofeedback1: RMSSD	26	10.10	100.20	39.91	21.39
Biofeedback1: pNN50	26	.00	55.30	18.38	15.40
Biofeedback1: LF/HFms²	26	.31	26.81	5.22	5.81
Biofeedback1: LF%	26	23.10	95.30	65.97	23.13
Biofeedback1: HF%	26	3.60	75.00	29.81	23.69
Biofeedback1: SD1	26	7.20	71.20	28.40	15.17
Biofeedback1: SD2	26	30.80	188.00	88.11	35.12
Biofeedback1: ApEn	26	.69	1.23	.97	.15
Biofeedback1: DFA1	26	.65	1.84	1.36	.27
Biofeedback1: DFA2	26	.11	1.04	.65	.27
Biofeedback1: D2	26	.29	4.01	2.67	1.08
Biofeedback2: RR	26	585.00	1.041.20	743.91	102.66
Biofeedback2: SDNN	26	18.60	129.60	55.24	23.48
Biofeedback2: HR	26	57.94	102.88	82.69	10.36
Biofeedback2: RMSSD	26	11.90	101.00	40.47	19.98
Biofeedback2: pNN50	26	.20	55.20	18.98	14.33
Biofeedback2: LF/HFms²	26	.34	14.00	3.67	3.32
Biofeedback2: LF%	26	24.80	92.50	63.60	19.55

Biofeedback2: HF%	26	6.60	72.40	31.54	20.71
Biofeedback2: SD1	26	8.50	71.70	28.85	14.18
Biofeedback2: SD2	26	39.00	180.10	88.42	30.87
Biofeedback2: ApEn	26	.77	1.19	.99	.11
Biofeedback2: DFA1	26	.85	1.76	1.35	.22
Biofeedback2: DFA2	26	.28	1.07	.68	.22
Biofeedback2: D2	26	.72	3.89	2.71	.97
Pós teste: RR	26	586.60	1.023.90	759.92	100.16
Pós teste: SDNN	26	25.60	88.20	49.02	18.28
Pós teste: HR	26	59.04	102.59	80.79	10.03
Pós teste: RMSSD	26	13.70	96.70	40.01	21.24
Pós teste: pNN50	26	1.20	47.90	16.76	14.51
Pós teste: LF/HFms²	26	.51	6.20	2.50	1.81
Pós teste: LF%	26	33.00	82.00	58.87	15.18
Pós teste: HF%	26	12.00	65.20	33.91	16.39
Pós teste: SD1	26	9.90	68.70	28.55	15.10
Pós teste: SD2	26	44.60	139.60	82.08	27.06
Pós teste: ApEn	26	.71	1.23	1.06	.11
Pós teste: DFA1	26	.82	1.63	1.26	.24
Pós teste: DFA2	26	.42	1.26	.79	.21
Pós teste: D2	26	.75	4.04	2.81	1.03

Tabela 10: Análise descritiva da coerência cardíaca sem normalização (feedback real e feedback placebo)

Coerência cardíaca: feedback real e feedback placebo	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Repouso1 (real)	26	-.220	.300	.08077	.146613
Biofeedback1 (real)	26	-.330	.910	.39308	.252583
Biofeedback2 (real)	26	-.210	.870	.40577	.241829
Pós teste (real)	26	-.130	.520	.16038	.161505
Repouso1 (placebo)	26	-.220	.550	.08038	.186751
Biofeedback1(placebo)	26	-.09	.80	.3846	.28183
Biofeedback2(placebo)	26	-.21	9.95	.7069	1.90756
Pós teste (placebo)	26	-.15	.68	.1588	.21708

APÊNDICES ESTUDO 2

Apêndice 1: Questionário pós sessão de biofeedback

1- Did you understand the session?

☐ Yes ☐ No

2- Did you identify your own feedbacks during the session?

☐ Yes ☐ No

3- Did you use some strategy to increased the green ball?

☐ Yes ☐ No

If yes, what kind of strategy did you use?

4- What are you feeling after the session?

Apêndice 2: Ficha de dados

1- Cardiovascular, neurological, psychiatric or diabetes diseases?

2- Continuous medication?

What kind of continuous medication?

3- Smoker?

4- Education:

5- Regular exercises:

No ()

() Yes, 1 day per week

() yes, 2 days per week

() yes, 3 days per week

() yes, 4 days per week

() yes, 5 days per week

() yes, 6 days a week

() yes, 7 days a week

What kind of exercise?

How long have you practicing this exercise regularly?

How many hours per week?

6- Have you ever practiced yoga, controlled breathing or meditation (or other techniques involving controlled breathing)? No () () Yes

If yes, how long have you practiced?

How many hours per week?

When did you stop practice?

OBS

Apêndice 3: Versão original das instruções

Instructions A

The goal of this experiment is to investigate the effect of a new interactive technique, BRIC, on cognitive performance. **This BRIC technique has no known side effects, positive or negative, on stress, anxiety, attention, and alertness.**

In the BRIC session, a black and a green ball will appear on the screen, and your task is to increase the size of the green ball by controlling your heart rate and respiration. Note that you can adopt various strategies that you can discover yourself but some alternatives, like focusing attention, maintaining a gentle respiration pattern, and exhaling longer than inhaling, work better than others. It may take a while to observe the changes in the size of the green ball, but do keep trying.

Try to relax and avoid making sudden movements. If you feel tired or dizzy, keep your respiration calm and smooth. Note that there is no right or wrong strategy; choose the one that suits you the most.

The BRIC session will last for 20 minutes. Afterwards, you will participate in two cognitive tasks, and their instructions will be provided as and when appropriate.

Instructions B

The goal of this experiment is to investigate the effect of a new interactive technique, BRIC, on cognitive performance. **This BRIC technique has positive side effects by decreasing stress, anxiety, and increasing attention, alertness.**

In the BRIC session, a black and a green ball will appear on the screen, and your task is to increase the size of the green ball by controlling your heart rate and respiration. Note that you can adopt various strategies that you can discover yourself but some alternatives, like focusing attention, maintaining a gentle respiration pattern, and exhaling longer than inhaling, work better than others. It may take a while to observe the changes in the size of the green ball, but do keep trying.

Try to relax and avoid making sudden movements. If you feel tired or dizzy, keep your respiration calm and smooth. Note that there is no right or wrong strategy; choose the one that suits you the most.

The BRIC session will last for 20 minutes. Afterwards, you will participate in two cognitive tasks, and their instructions will be provided as and when appropriate.

